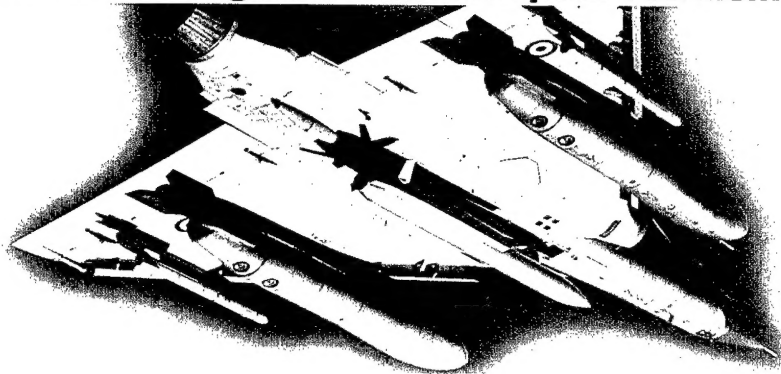


L'ARMEMENT

Revue de la Délégation Générale pour l'Armement



La Dissuasion

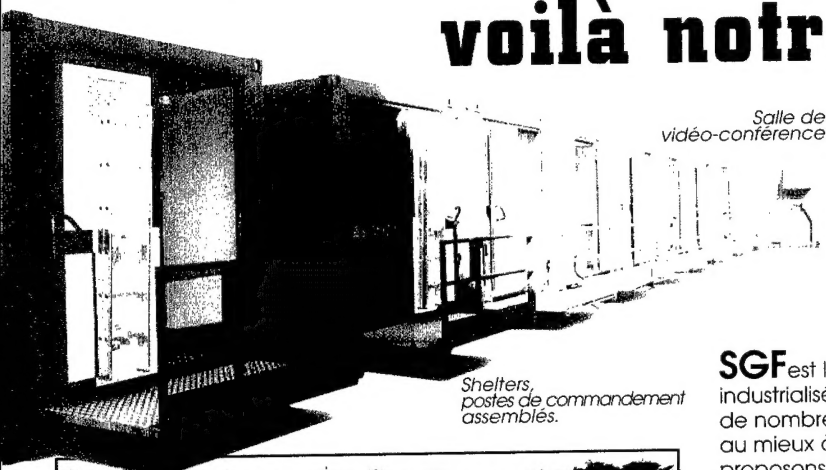
DISTRIBUTION STATEMENT A:
Approved for Public Release
Distribution Unlimited



Revue trimestrielle - Octobre 2001

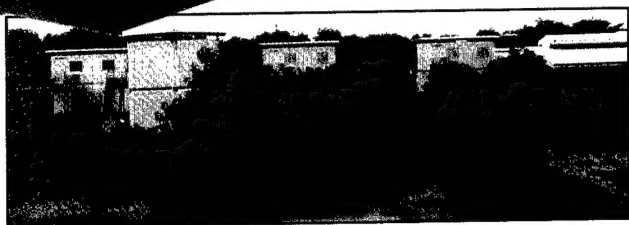
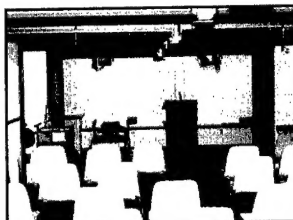


Protéger les hommes, abriter les matériels, voilà notre métier.

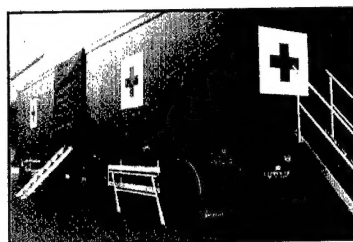


Shelters,
postes de commandement
assemblés.

Salle de
vidéo-conférence



Bases vie, shelters assemblés



Pharmacies



Shelters colisés

SGF est le spécialiste des bâtiments industrialisés à montage rapide depuis de nombreuses années. Pour répondre au mieux à vos attentes, nous proposons deux gammes de produits.

- **BATEX** : Bâtiment Extensible pour vos besoins de stockage, d'atelier, en manœuvre ou en OPEX. Rapidité : Montage et démontage rapides : 200 m² en 8 h. Flexibilité : Bâtiment extensible à volonté, en largeur et en longueur, composé de cellules pliables et juxtaposables entièrement montées en usine. Durabilité : Bâtiment entièrement galvanisé, bénéficiant de la garantie décennale.

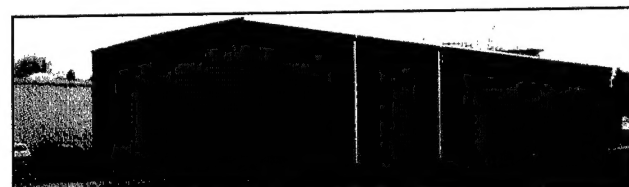
- **SHELTER** : Que vous ayez besoin de postes de commandement, pharmacies de campagne, sanitaires, bureaux, logements, etc...,

nous avons la solution adaptée ! L'ensemble de l'intégration étant étudié par nos ingénieurs et réalisé par nos spécialistes. Nos produits répondent aux normes de qualité les plus sévères et sont livrés prêts à être déployés dans les délais adaptés à vos besoins. De nombreux corps d'armée, français et étrangers, nous font confiance depuis 1930. Avec nos deux usines, certifiées ISO 9000, SGF reste aux services des armées. Connaissant bien les besoins militaires, les responsables SGF sont des interlocuteurs disponibles. Contactez-nous !



Sanitaires

Batex en cours d'assemblage



Batex assemblé

SARRADE GALTIER FILLOD

GROUPE algeco

S.A.S. au capital de 6.000.000 F
ZI chemin des Moulins F-45500 GIEN
TÉL : (33) 02 38 67 02 72 - FAX : (33) 02 38 67 01 42
E-mail : sgf.sa@sgf-france.com

- La revue *L'ARMEMENT* publie :
- des études à caractère technique, industriel, économique, stratégique,
 - des réflexions sur les problèmes européens, internationaux,
 - des informations sur les activités de la Délégation générale pour l'Armement et des industries d'armement.

Adresse

CHEAr / DPAr
5 bis, Avenue de la Porte de Sèvres - 75015 Paris
☎ : 01.45.52.72.22 - Fax : 01.45.52.72.35

Adresse postale : 26, Boulevard Victor - 00457 Armées
e-mail : pubarm@cedocar.fr

ABONNEMENT : 4 numéros par an
France : 256 F TTC - Etranger : 288 F HT
Le numéro : 70 F

Règlement par chèque à l'ordre du :
"Régisseur d'avances et de recettes de la DICOD"

Adresser à : ECPA/Service Editions

2 à 8 route du Fort
94205 Ivry-sur-Seine Cedex
Tél. : 01 49 60 52 44 - Fax : 01 49 60 58 92

20041112 041

DISTRIBUTION STATEMENT A
Approved for Public Release
Distribution Unlimited

BEST AVAILABLE COPY



La Dissuasion



REDACTION

CHEAr / DPAr - 5 bis, Avenue de la Porte de Sèvres
75015 Paris - 01.45.52.72.22 - Fax : 01.45.52.72.35
Adresse postale : 26, Boulevard Victor - 00457 Armées

COMITÉ DE RÉDACTION

Président : IGA Gérard DUGARD
Rédacteur en chef : IGA (2^{es}) Patrice DESVERGNES

Membres de droit :

ICA Christophe DUMAS
Monsieur Bruno ROY (DGA/COMM)

Membres désignés :

ICA Jean-Claude BOUSSIRON
OPCTAA Jean BURNICHON
Colonel Patrick COLAS DES FRANCS
IA Thomas COURBE
IPA François DECOURT
ICA Xavier FAIRBANK
Madame Catherine FARGEON
AC Olivier GHIRARDI
IETA Stéphane HAUTIER
Madame Nicole LACUBE
Madame Andrée MARTIN-PANNETIER
ICA Laurent MOLARD
IGA Jean-Louis PAC
Colonel Bertrand RACT-MADOUX
Mademoiselle Anne RASMUSSEN

DIRECTION-REDACTION

Rédacteur en chef : IGA Patrice DESVERGNES
Secrétaire général : Arlette JOUVE
Rédacteur en chef-adjoint : Claude ESMEIN
Rédacteur : Ilie CONSTANTIN
Conception - Réalisation : Fabien DULAC
Renseignements, Secrétariat : Anne-Marie MANTA - Tél. 01.45.52.72.22

Les auteurs et abonnés peuvent correspondre directement
avec le Président du Comité de rédaction.
Copyright - La reproduction même partielle des articles et illustrations est
strictement interdite sauf accord préalable de la Rédaction.
Les articles signés n'engagent que la responsabilité des auteurs.

EDITION

DICOD
(Délégation à l'Information et à la Communication de la Défense)
BP 33 - 00450 ARMEES

Directeur de la publication :
IGA Claude LIEVENS (directeur du CHEAr)

Abonnements et Publicité :
Catherine Leblanc-Regnier
ECPA / Service Editions
Tél. 01 49 60 58 56
Fax : 01 49 60 52 40

Photogravure-Impression : Imprimerie Service (S.A.)
2, rue Monge - BP 224
15002 Aurillac Cedex

Commission Paritaire : en cours
ISSN : 0243-6019
Dépôt légal : A parution

ANNONCEURS :

- pages de couverture : SGF (geodys) (2^e), RSTD (3^e), GIAT/pema/Berthelot (4^e)

N° 75 Octobre 2001

LA DISSUASION - LA DISSUASION - LA DISSUA

4) Editorial - Foreword

par Y. Gleizes, délégué général pour l'armement

8) Que reste-t-il de la dissuasion nucléaire ?

par P. Quiles, député du Tarn

(Aspects politico-militaires

13) Désarmement et non-prolifération : un bilan

par G. Araud

19) Dissuasion nucléaire aujourd'hui et demain : une mission d'exception

par le général de brigade aérienne X. Jarry

22) Le concept nucléaire français dans le nouvel environnement stratégique

par B. Tertrais

29) Arsenaux, non-prolifération et désarmement nucléaires

par P. Fessler

39) La dissuasion nucléaire : pour quoi faire ?

par l'IGA P.I. de Saint Germain

(Forum & programmes

44) Assurer la cohérence dans un système de forces, le cas de la dissuasion

par l'IGA J. Deveaux

52) La Force océanique stratégique

par le vice-amiral E. Scott de Martinville

57) Les Forces aériennes stratégiques

par le général de corps aérien G. Saucès

63) La conduite des programmes de missiles stratégiques

par l'IGA G. Bessero

SOMMAIRE

- LA DISSUASION - LA DISSUASION - LA DISSUASION - LA DISSUASION - LA DISSUASION

70) La Direction du programme d'ensemble Célaçanthe

par l'IGA M. Bonnotte

78) Les SNLE

par l'IGA Quinchon

Les armes

80) Les armes nucléaires

par A. Delpuech

83) Le programme simulation

par Didier Besnard

Aspects techniques

89) La sûreté nucléaire dans le domaine des activités de défense

par l'IGA E. Duval

95) La navigation et le guidage des missiles stratégiques

par D. Gobillot et A. Riondet

102) Le rôle de la simulation dans la dissuasion nucléaire

par l'IPA C. Sellier et A. Steinmetz

109) Le durcissement des systèmes aux effets des armes nucléaires

par C. Maury

115) Les transmissions des forces nucléaires

par M. Pellet et l'IPA C. Marteau

122) La réalisation d'un missile aéroporté nucléaire

par S. Catoire et M. di Folco

128) Lancement d'un missile balistique à partir d'un sous-marin

par Ph. Poirier

136) Les progrès de la propulsion à propergol solide

par G. Lepeuple

Dissuasion, NMD et TMD

par A. Joxe

Humeurs

153) Le sens des mots

par Doubinine

Histoire de l'armement

154) Genèse de la doctrine française de dissuasion

par l'amiral M. Duval

162) Bibliographie

163) Annonce - Colloque international

164) Annonce - Science et défense

Couverture :

Mirage 2000 N ASMP (SIRPA Air-Rolles Gilles)

SNLE Le Triomphant (DCN)

AQ F05-01-0056

Editorial

par Yves Gleizes - Délégué général pour l'armement

La Délégation générale pour l'armement doit notamment sa création, il y a quarante ans, sous son nom originel de Délégation ministérielle pour l'armement, à la volonté française d'accéder à l'autonomie stratégique en se dotant d'un outil de dissuasion nucléaire, gardien suprême des intérêts vitaux de la nation.

Les défis à relever pour réaliser et maintenir une force nucléaire stratégique indépendante étaient multiples et considérables. Il s'agissait de bâtir un système complet dont l'efficacité et la fiabilité garantissent la crédibilité, la permanence et la sûreté de la force de frappe.

Sur un plan opérationnel, il fallait mettre en service des forces radicalement nouvelles en termes d'emploi et de systèmes d'armes.

Sur un plan technique, outre les têtes nucléaires réalisées par la direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique, il fallait maîtriser les vecteurs, les porteurs et les systèmes de transmission. Leur développement imposait des sauts technologiques considérables afin d'atteindre les niveaux de performances requis. Les efforts déployés ont porté leurs fruits, puisque la France est aujourd'hui le seul pays en Europe et l'un des seuls au monde à maîtriser de manière autonome les technologies des missiles balistiques tirés de sous-marins ou à statoréacteurs.

Pour mener à bien des programmes d'une telle ampleur et aussi complexes, mettant en jeu des compétences multiples et impliquant un grand nombre d'acteurs, il était nécessaire de mettre en place une organisation et développer des méthodes de management à la hauteur des enjeux. Elles ont été par la suite généralisées à l'ensemble des programmes d'armement. La force de frappe a ainsi constitué le premier système de force, bénéficiant d'un agrégat financier géré de manière spécifique. Des directions de programmes d'ensemble ont été instituées afin d'assurer la cohérence des différents programmes concourant à la réalisation respective des composantes océanique et aéroportée, ainsi que des transmissions associées. Il a fallu mettre en oeuvre des processus de gestion de la qualité et de suivi centralisé des matériels en service, et développer des moyens de simulation. Qu'il s'agisse de modélisations techniques ou de simulations technico-opérationnelles, leur emploi est indispensable pour établir ce que sera la menace future et dimensionner au mieux les performances des divers sous-ensembles des systèmes.

Enfin, la mise en place et le maintien de l'outil de dissuasion a conduit à développer sur une base strictement nationale les moyens d'expertise et d'essais et les capacités industrielles nécessaires.

Le système de forces dissuasion reste aujourd'hui un fondement essentiel de la sécurité de la France, comme le président de la République le rappelait le 8 juin 2001 dans son discours à l'Institut des Hautes Etudes de la Défense Nationale. La dissuasion est un facteur important de la stabilité internationale car la menace nucléaire crédible commande la paix. C'est pourquoi le projet de loi de programmation militaire pour la période 2003-2008 confirme la politique française de maintien au niveau de juste suffisance d'une arme nucléaire à vocation strictement stratégique.

Si le concept lui-même est resté identique au cours du temps, sa traduction concrète au niveau des systèmes d'armes a évolué pour s'adapter aux changements du contexte géostrat-

tégique et aux accords internationaux, et en premier lieu au traité de non-prolifération nucléaire. Au cours de ces dix dernières années la France a fortement réduit le nombre de têtes nucléaires de son arsenal ; elle est la seule puissance nucléaire à avoir démantelé son centre d'expérimentation d'armes nucléaires, ses installations de production de matière fissile et sa composante de missile sol-sol.

Elle dispose à présent de deux composantes complémentaires. La force océanique stratégique repose sur les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins emportant des missiles mer-mer balistiques stratégiques, les M45 qui seront ultérieurement remplacés par les M51. La composante aéroportée est constituée d'avions d'armes, actuellement le *Mirage 2 000 N* et le *Super Etendard Modernisé*, armés de missiles Air Sol Moyenne Portée, les ASMP, auxquels succéderont les ASMPA avant la fin de cette décennie. A terme, l'ASMPA sera emporté par le *Rafale* dans ses versions Air et Marine.

Au cours de la présente décennie, les travaux de modernisation du système de forces comprennent le renouvellement complet de la flotte de SNLE par l'achèvement du troisième SNLE type le Triomphant et la réalisation du quatrième, commandé l'année dernière. Ils assurent également le développement des missiles destinés à remplacer, en accroissant leurs performances, les missiles des deux composantes lorsqu'ils arriveront en fin de vie. Ils incluent enfin la conduite à son terme du programme de simulation des armes. La France ayant renoncé aux essais nucléaires, nos compétences en matière de charge nucléaire reposent désormais sur ce programme ambitieux en terme de connaissance des phénomènes physiques, de moyens de calcul et de moyens d'essais, avec en particulier la réalisation du laser Megajoule.

Les défis à relever pour mener à bien ces travaux sont d'une autre nature mais tout aussi ambitieux que ceux qui se posaient dans les années soixante.

L'exigence de réduction des coûts s'impose aux programmes concourant au système de forces dissuasion comme à tous les autres. Elle suppose de faire évoluer en profondeur nos relations avec des industriels en situation de monopole, toujours plus soucieux de rentabilité et qui peuvent désormais faire partie de groupes transnationaux.

La Délégation générale pour l'armement s'assure, lors des opérations de consolidation industrielle, que l'Etat dispose des garanties essentielles à la protection du secret et au maintien des actifs industriels indispensables à la conception et la réalisation des systèmes concourant à la dissuasion. Elle doit veiller également à préserver les synergies existant avec les autres domaines techniques comme les missiles ou les lanceurs spatiaux.

Dans le même temps, une attention toujours plus grande doit être apportée à la sûreté nucléaire - et plus généralement à la protection de l'environnement - comme l'illustre l'évolution en cours des pratiques et des structures de contrôle afin d'assurer une plus grande transparence. C'est une condition clé du consensus politique autour de la dissuasion.

Enfin, il conviendra d'approfondir les réflexions sur les évolutions futures du système de forces dissuasion, alors que l'Europe de la défense prend corps et que se développe en parallèle un débat sur la définition des conditions de l'équilibre international, en raison de la volonté américaine de mettre en œuvre leur projet de *Missile Defense* et de remettre en cause certains accords internationaux.

Dans la continuité des efforts consentis depuis quarante ans, ces défis devront être relevés en s'appuyant sur l'organisation mise en place mais surtout sur la compétence et la motivation des personnes impliquées et les excellentes coopérations entre les divers acteurs, ingénieurs et opérationnels, que ce système de forces a toujours connues.

Foreword

par Yves Gleizes - Délégué général pour l'armement

The creation forty years ago of the "Ministerial Armament Delegation" – the predecessor to the "Délégation générale pour l'armement" (DGA – the French Procurement Agency) was primarily the result of the French desire to achieve strategic autonomy by acquiring a strategic nuclear deterrent as an ultimate guarantee of the vital interests of the nation.

The challenges involved in building and maintaining an independent strategic nuclear force were numerous and substantial. The requirement was to create a complete system whose effectiveness and reliability would ensure that the strike force was credible, permanent and safe.

In operational terms, radically new forces with new concepts of operations and weapon systems had to be brought into service.

Technically, apart from the nuclear warheads produced by the military applications directorate of the Atomic Energy Commission, delivery and carrying vehicles and communications systems had all to be mastered. Their development required considerable step changes in technology if the necessary performance was to be achieved. The effort we put into this bore fruit, as France is now the only European nation to have independently mastered the technologies of both the submarine-launched ballistic missile, and the ramjet powered missile.

To bring such major and complex programmes to a successful conclusion, which called upon a wide range of skills and a large number of people, it was necessary to set up an organisation and develop management methods that were up to the task. These were subsequently expanded to include all weapons programmes. The strike force was therefore the first force system, benefiting from an aggregation of funding, managed in a particular manner. General programme directorates were introduced to ensure coherence between the programmes supporting the separate development of the oceanic and airborne elements, as well as the associated communications aspects. Quality control procedures and centralised monitoring of in-service equipment had to be implemented, and simulation methods were developed. These were essential, and were used for technical modelling or wargaming simulations to establish the future threat and to optimise the performance of the various system sub-assemblies.

Finally, the introduction and support of a deterrent led to the development on a strictly national basis of the necessary inspection and test facilities, and industrial capabilities.

The deterrent force system is still the foundation for France's security, as stated by the President of the Republic on 8 June 2001 in his address to the IHEDN (Higher National Defence Studies Institute). Deterrence is a major factor in international stability as a credible nuclear threat imposes peace. The military programme for the period 2003-2008 has therefore reaffirmed the French policy of maintaining a bare minimum level of nuclear capability with a strictly strategic role.

While the concept itself has not changed over the years, its translation into a weapon system has evolved to adapt to changes in the geostrategic context and to international agreements, and primarily the nuclear non-proliferation treaty. Over the last ten years France has drastically reduced her nuclear arsenal; she is the only nuclear power to have dismantled its

nuclear weapon test site, its production facilities for fissile material and its ground-launched missile component.

Currently France fields two complementary components. The strategic oceanic force (FOST) relies on nuclear-powered missile-carrying submarines (SNLE) equipped with strategic ballistic missiles (MSBS); the current weapon, the M45 will soon be replaced by the M51. The airborne component consists of combat aircraft, currently the Mirage 2000N and the Modernised Super Etendard, armed with the Medium Range Air-to-Ground missile (ASMP), which will be followed by the improved version (ASMPA) before the end of the decade. Ultimately, the ASMPA will be carried by the Rafale in both its naval and air force versions.

In the current decade, the force system modernisation programme includes the total replacement of the SNLE fleet by the completion of the third le Triomphant class SNLE and the build of a fourth, ordered last year. It will also see the development of improved missiles aimed at replacing those currently used by both components, as they reach the ends of their lives. Finally, the weapon simulation programme will be brought to fruition. Now that France has renounced nuclear testing, our nuclear warhead capability must rely on this ambitious programme involving an understanding of the physical phenomena, computing methods and test procedures, including in particular the completion of the Megajoule laser.

The challenges to be faced to bring these activities to a successful conclusion may differ from those of the nineteen sixties, but they are no less ambitious.

The requirement to reduce costs is imposed on the programmes supporting the deterrent forces as on all others. This involves achieving in-depth changes in our relationships with monopoly industries ever more concerned with profitability and which may now be transnational in nature.

During industrial consolidation operations, the DGA ensures that the government has the necessary guarantees in respect of security of information and the retention of the industrial infrastructure that is essential for the design and manufacture of the systems that support our deterrent. It must also take steps to safeguard the synergies that exist between other technical fields such as missiles or space launch vehicles.

In parallel, increasing attention must be paid to nuclear safety – and more generally to environmental protection – as illustrated by the developments currently under way in monitoring practices and structures to ensure greater transparency. This is a key condition for the political consensus around deterrence.

Finally, greater thought must be given to future developments in the deterrent force system, while the European Defence Identity is taking shape and, in parallel, a debate is developing over the conditions that define international equilibrium, following the US intention to pursue their Missile Defence project and to call into question certain international agreements.

As a continuation of the joint efforts over the last forty years, such challenges must be faced not only by relying on the organisation that has been created but above all on the skills and motivation of all those involved and the excellent cooperation between the various technical and operational specialists, from which this force system has always benefited.

Que reste-t-il de la dissuasion nucléaire ?

par Paul QUILÈS - Député du Tarn,
Président de la Commission de la Défense nationale et des Forces armées

The French deterrence has two different aspects: it is historically based, in other words it arose out of a given geostrategic environment, and it exhibits its own specific characteristics associated with its concept of operation. Today, however, we face two developments, either of which could lead, covertly, to the nuclear deterrent being called into question: the first is typified by the American missile defence project, where the paradox lies in the limited nature of the threat it aims to counter; the second arises from the reasoning of those who think that nuclear weapons should be diversified, moving towards miniaturised more accurate devices, intended for use against military targets. Analysis of the various factors shows that as a concept, nuclear deterrence remains as pertinent today as it ever was, and that countering the proliferation of weapons of mass destruction must remain an essentially political activity.

La dissuasion ne semble pas le sujet principal de préoccupation lorsqu'il est question de notre politique de défense. Il suffit par exemple de constater que les expressions publiques sur ce thème, tant de la part des hommes politiques que des experts, n'ont pas été très fréquentes au cours des dernières années. Le Président de la République a certes abordé la question devant l'IHEDN en juin 2001, mais il s'est agi d'un rappel de la doctrine au moment de la préparation de la nouvelle loi de programmation militaire.

A vrai dire, les réflexions de ces dernières années ont surtout porté sur la prolifération, notamment nucléaire et balistique, sur l'ampleur du développement de ce phénomène et sur les stratégies de défense des pays proliférants. C'est par ce biais d'ailleurs que pourrait se faire le

retour de la question nucléaire sur le devant de la scène.

La dissuasion française a la double spécificité d'être le fruit d'une histoire, c'est-à-dire d'un contexte géostratégique donné, et de présenter un caractère particulier lié à ses conditions d'emploi.

L'histoire explique à la fois le raisonnement qui nous a poussés à nous doter de l'arme nucléaire et le dimensionnement de cette arme.

C'est durant la guerre froide qu'a été mise en place la force de dissuasion française. Cet instrument devait permettre à notre pays de pratiquer une politique plus indépendante, notamment à l'égard des deux blocs, en n'étant pas tributaire du parapluie nucléaire américain.

Le contexte géostratégique explique le format de notre force de dissuasion, qui ne nous obligeait pas à suivre la course aux armements. Le "seuil de suffisance" caractéristique de la force de frappe française avait été défini en fonction du niveau de dommages que nous pouvions infliger à l'URSS, qui devait

la dissuader d'attenter à nos intérêts vitaux par une attaque nucléaire ou conventionnelle. C'est ainsi qu'a été théorisée la dissuasion du faible au fort.

Dans le même temps, notre pays a bien assimilé le caractère particulier de la dissuasion nucléaire, intemporel et non contingent. La caractéristique principale de l'arme nucléaire, qui lui donne son pouvoir dissuasif, est d'être capable de causer des dommages sans aucune comparaison avec tous les autres types d'armes. Pour remplir son objectif – empêcher tout risque d'agression – l'arme nucléaire ne doit donc pas se rapprocher des autres types d'armes, mais au contraire s'en écarter radicalement.

La dissuasion ne peut donc véritablement jouer son rôle que si les intérêts vitaux de notre pays sont en cause. Bien entendu, nous n'avons jamais souhaité préciser ce que pouvait recouvrir cette expression, afin de créer chez les adversaires potentiels une incertitude élargissant le spectre de l'effet dissuasif. Ce rôle de la dissuasion explique également que l'arme nucléaire n'est pas conçue comme une réponse calibrée à telle ou telle menace militaire potentielle, précisément parce qu'elle vise à empêcher tout pays d'envisager une action délibérée contre nos intérêts vitaux.

Le caractère intemporel et non contingent de la dissuasion, ainsi que la stratégie d'interdiction et non de réponse à une menace particulière, expliquent que nous ayons très tôt parlé de "dissuasion tous azimuts", même si le dimensionnement de notre force a été conçu à l'origine pour répondre à la menace de l'URSS*.

La question que nous devons nous poser aujourd'hui est de savoir si, la situation

géostratégique ayant changé, le concept de la dissuasion reste pertinent et si nous devons modifier les caractéristiques de notre arsenal.

La pérennité du concept repose sur le caractère spécifique de la dissuasion lié aux caractéristiques de l'arme nucléaire. Si sa pertinence n'est donc pas en cause, il faut en revanche relativiser l'utilité du nucléaire dans la situation stratégique contemporaine, en raison de la probabilité très réduite de voir nos intérêts vitaux menacés dans un avenir prévisible. Il est difficile d'imaginer en effet que les Etats soupçonnés d'être proliférants constituent actuellement une menace pour notre pays. Qui pourrait sérieusement affirmer que l'Iran, la Libye, l'Irak, la Corée du Nord ou la Chine veulent aujourd'hui attenter à nos intérêts vitaux avec des armes de destruction massive ?

Par ailleurs, il serait inexact de lier le concept de la dissuasion à la seule arme nucléaire. La dissuasion fait appel à une donnée psychologique inhérente à la nature humaine, puisqu'elle consiste à empêcher quelqu'un d'agir par peur de représailles. Dire que l'arme nucléaire est liée à la défense des intérêts vitaux ne signifie pas que, dans d'autres cas de figure, nous n'essayerions pas d'utiliser aussi la méthode de la dissuasion, mais avec des moyens différents.

Lors du conflit du Kosovo, par exemple, la dissuasion a consisté à convaincre les Yougoslaves qu'ils n'arriveraient pas à atteindre leur objectif militaire et politique et que, sur la durée, ils subiraient les conséquences économiques militaires et politiques de leur isolement. Dans ce cas, l'utilisation raisonnée d'armes conventionnelles, grâce d'ailleurs à l'insistance de la France, a permis d'atteindre l'objectif politique fixé. L'effet dissuasif des bombardements aériens a été réel, même si le résultat n'a pu se mesurer qu'au bout de quelques mois. C'est à partir d'un tel constat qu'on peut conclure qu'il ne sert à rien de multiplier le nombre et le type d'armes nucléaires, la dissuasion nucléaire répondant à un cas spécifique de menace, les autres

* Ce qui ne fut officialisé que dans le préambule de la loi de programmation militaire 1984-1988.

pouvant être traitées grâce aux armes conventionnelles.

On assiste aujourd'hui à deux évolutions, qui pourraient conduire l'une comme l'autre à une remise en cause déguisée de la dissuasion nucléaire.

- La première est parfaitement caractérisée par le **projet de défense antimissile (MD)** du Président Bush. Cette idée n'est pas nouvelle dans la mesure où, depuis le début des années 60, c'est-à-dire depuis l'avènement de la parité nucléaire avec les Soviétiques, les Américains ont toujours cherché à redevenir invulnérables grâce à des systèmes de défense antimissile. La filiation de Nike-Zeus en 1957 à la MD de 2001 passe par les programmes *Sentinel*, *Safe-Guard*, *GPALS* et bien entendu le *SDI* du Président Reagan en 1984. Tous ces programmes ont eu un caractère commun : soit ils n'ont pas abouti, soit ils ont offert une protection si limitée qu'elle est devenue presque inutile.

Le paradoxe de la MD du Président Bush vient sans doute de la faiblesse de la menace : c'est parce que les "Etats voyous" et la Chine ne peuvent aligner au mieux que quelques missiles de conception encore rustique que l'on estime possible de les arrêter grâce à un nouveau programme qui bénéficierait des derniers développements technologiques.

Ce raisonnement laisse totalement de côté le rôle dissuasif des forces nucléaires américaines. Est-il plausible que les Chinois lancent un missile nucléaire sur la côte Ouest des Etats-Unis sans déclencher une riposte nucléaire ? Dans le même ordre d'idée, plus concrètement et plus près de nous, on voit bien pourquoi les Irakiens n'ont pas utilisé leurs *Scud* équipés d'ogives chimiques contre les troupes américaines durant la guerre du Golfe !

Le concept même de défense antimissile, quand il s'agit de se protéger contre une

agression majeure revient purement et simplement à nier l'efficacité de la dissuasion et donc à accepter le risque de déclenchement d'un conflit important, ce que nous avons toujours refusé. On peut donc craindre que, derrière le vocable américain de la recherche d'un meilleur équilibre entre les systèmes offensifs et défensifs, ne se cache cette remise en cause de la dissuasion nucléaire. De toute façon, la MD présente le risque de relancer la course aux armements, dans la mesure où il sera toujours plus aisé de saturer une défense antimissile que de rendre cette défense imperméable.

- La seconde évolution résulte du raisonnement de ceux qui pensent qu'il faudrait diversifier les **armes nucléaires**, en allant vers des armes miniaturisées, plus précises, destinées à atteindre des objectifs militaires. On entre ici dans la logique de la "riposte graduée", également inventée par les Américains durant les années 60, parce qu'ils étaient réticents à garantir la sécurité de l'Europe par la dissuasion nucléaire. Vouloir diversifier le type d'armes nucléaires parce que la menace serait différente constitue en fait un contresens. Ce qui fait la spécificité de l'arme nucléaire, c'est justement le fait qu'elle n'est pas conventionnelle et qu'elle dispose d'un exceptionnel pouvoir de destruction. Considérer que nos armes nucléaires actuelles seraient inadaptées aux menaces de pays proliférants revient à remettre en cause la confiance dans le concept de dissuasion et à oublier que l'arme nucléaire n'a pas pour but de répondre précisément à une menace – liée à l'appréciation d'un potentiel de nuisance de tel ou tel pays –, mais à une agression effectivement constatée contre nos intérêts vitaux.

La vérité est que l'appréciation des menaces militaires et politiques actuelles conduit à penser que nos armes conventionnelles suffisent dans la quasi-totalité des cas à

dissuader tel ou tel pays d'agir contre nos intérêts.

Enfin, n'oublions pas qu'une politique de diversification des moyens nucléaires ne pourrait que relancer la course aux armements et affaiblirait le traité de non-prolifération.

En réalité, les promoteurs des projets de défense antimissile et ceux qui souhaitent la multiplication des armes nucléaires ne croient pas à la vertu dissuasive de l'arme nucléaire, qui repose sur la certitude que l'on emploiera cette arme si le besoin s'en fait sentir. Cela prouve bien qu'il n'est pas inutile de débattre ouvertement du rôle de l'arme nucléaire. Les Américains expliquent aussi leur besoin de déployer un bouclier antimissile par la crainte de ne pouvoir remplir leurs engagements internationaux, en raison de la menace qu'un pays proliférant pourrait faire peser sur leurs troupes déployées sur des territoires extérieurs. Ici encore, raisonnons sur la réalité et non *in abstracto*.

Militairement parlant, il est normal qu'un pays participant à des opérations de maintien de la paix s'efforce de protéger ses troupes. Nous avons de tout temps cherché à nous défendre contre les attaques aériennes ou contre des blindés. Nous serions inconscients de ne pas vouloir les protéger contre des tirs de missiles. La défense de théâtre (TMD) est donc parfaitement concevable et utile. Elle ne remet pas en cause la dissuasion nucléaire et ne présente pas le risque de déclencher une course aux armements.

Mais il ne faut pas négliger le fait que les interventions extérieures concernent des conflits où les aspects politiques sont au moins aussi importants que les aspects militaires. Si la France a toujours plaidé pour que l'ONU soit l'organisme qui mandate les opérations de maintien ou de rétablissement de la paix, c'est notamment parce que la légitimité politique évidente qui entoure ces opérations isole le ou les pays contre lesquels ces opérations sont dirigées. On l'a vu, par exemple, avec l'Irak au moment de la guerre du Golfe.


Corrélativement, ces opérations mandatées par l'ONU, qui visent à rétablir la paix dans le cadre de solutions politiques proposées ou à négocier, doivent avoir pour principe une utilisation raisonnée de la force armée et pour objectif l'avènement d'une solution politique. Il ne s'agit donc pas de gagner une guerre. L'opération de l'OTAN au Kosovo, qui était d'ailleurs handicapée par l'insuffisance de sa légitimité internationale, n'a pas cherché à mettre à genoux la Yougoslavie et le peuple yougoslave. Il ne s'agissait pas de détruire ce pays mais de lui prouver qu'il ne pouvait atteindre son but et qu'il devait revenir à la table des négociations.

La maîtrise de la violence dans ce type de conflits et la légitimité internationale des opérations militaires rendent donc très peu crédible la menace d'utilisation d'armes de destruction massive par les pays contre lesquels ces opérations sont dirigées. Au demeurant, la mise en œuvre de telles armes sur le théâtre d'opération ne serait pas sans risque pour celui même qui les utilise. Si pourtant tel était le cas, nous serions triplement protégés : par la défense antimissile de théâtre pour nos troupes, par les armes de précision conventionnelles pouvant détruire les centres de commandement et, *in fine*, par notre dissuasion nucléaire.

En conclusion de cette analyse, je voudrais réaffirmer deux convictions :


- Le concept de dissuasion nucléaire reste pertinent, car il est intemporel. L'utilité de l'arme nucléaire pour la France est aujourd'hui à l'évidence faible, car les menaces politiques et militaires qui justifieraient une action de dissuasion sont infinitésimales.

Il faut néanmoins garder la crédibilité de l'outil, car personne ne peut prétendre que, dans un avenir non prévisible, il n'y aura



pas une résurgence de menaces susceptibles de faire jouer la dissuasion nucléaire. Cela ne doit pas conduire pour autant à privilégier des arbitrages financiers favorables au développement de notre force nucléaire au détriment des capacités dont il faut doter la force de réaction rapide de l'Union européenne.

- L'action contre la prolifération des armes de destruction massive doit être essentiellement de nature politique. Nous devons convaincre les pays proliférants que les

instruments de non-prolifération ont été conçus dans l'intérêt de tous et non des seuls détenteurs de l'arme nucléaire. Une prolifération accrue ne permettrait pas de s'orienter vers le désarmement nucléaire général et complet tel qu'il est prévu dans l'article V du traité de non-prolifération. Elle relancerait la course aux armements et ce sont les pays proliférants, dont les ressources économiques sont en général loin d'être inépuisables, qui subiraient le plus les conséquences négatives d'une telle évolution. 

Désarmement et non-prolifération : un bilan

par Gérard ARAUD, Directeur des affaires stratégiques, de la sécurité et du désarmement - Ministère des Affaires étrangères

The final decade of the 20th century saw significant progress in non-proliferation and disarmament, which, through international cooperation, enabled development and consolidation of the instruments that are essential for peace and security in the world. In parallel, many challenges arose which exposed the limitations of international arrangements. How to ensure the continued existence, and reinforcement, of the non-proliferation and disarmament regimes is therefore one of the fundamental questions that international society faces today.

Les dix dernières années du XX^e siècle ont été marquées par des progrès majeurs en matière de non-prolifération et de désarmement, qui ont permis le développement et la consolidation, par la coopération internationale, d'instruments essentiels pour la paix et la sécurité dans le monde. Plusieurs défis sont apparus dans le même temps, qui mettent en relief les limites des dispositifs internationaux. La pérennisation des régimes de non-prolifération et de désarmement, et leur renforcement, est donc l'une des questions principales qui se posent à la société internationale aujourd'hui.

1991-2001 : une décennie de non-prolifération et de désarmement

L'aboutissement de longues négociations américano-soviétiques (FNI, Start), l'adaptation des Etats au nouveau contexte stratégique de l'après-guerre froide et la découverte du programme nucléaire irakien ont suscité l'essor

important, au cours de la dernière décennie, de la non-prolifération et du désarmement.

Cet effort s'est traduit par un renforcement des normes existantes

Le TNP a été confirmé comme le principal instrument de non-prolifération nucléaire. En 1990, 138 Etats étaient parties au TNP. L'adhésion en 1992 des deux Etats dotés demeurés à l'écart (France et Chine), d'Etats ayant abandonné des capacités nucléaires avérées (Afrique du Sud, en 1991, Ukraine, Kazakhstan, Biélorussie, en 1994) ou un potentiel avancé (Argentine, Brésil) ont donné à ce traité un poids que l'adhésion de nombreux Etats non dotés a confirmé. En avril 1995, 178 Etats étaient parties au Traité. En 2001, seuls quatre Etats n'y avaient pas adhéré (Inde, Pakistan, Israël, Cuba). La prorogation indéfinie du Traité, le renforcement de son processus d'examen et l'adoption lors de la Conférence d'examen de 1995 de principes et objectifs pour la non-prolifération et le désarmement nucléaires, et des conclusions de la Conférence d'examen de 2000, ont consacré le statut prééminent du TNP.

Dans le même temps, l'*AIEA* a vu son champ de compétence s'accroître. Le nombre d'Etats disposant d'accords de garanties intégrales est ainsi passé de 91, en 1990, à 137, en 2001. Le principe d'un renforcement des

garanties de l'AIEA a été entériné avec l'adoption d'un modèle de protocole additionnel – dont 19 Etats se sont dotés à ce jour. Parallèlement, les *régimes de fournisseurs* (NSG, Comité Zangger, MTCR, Groupe Australie) ont renforcé leur vigilance en matière d'exportations sensibles.

Dans un autre domaine, la *Convention de 1980 sur certaines armes classiques* a poursuivi son développement avec l'adoption en 1996, d'une part, d'un protocole sur les armes à laser aveuglant, et, d'autre part, d'un texte renforçant très sensiblement la portée du protocole sur les mines, pièges et autres dispositifs.

De nouvelles normes ont été élaborées

La conclusion en 1993 de la *Convention sur l'interdiction des armes chimiques* – au-delà de sa contribution à l'élimination d'une catégorie entière d'armes de destruction massive – a créé une nouvelle référence en matière de désarmement : dans cette convention, la vérification effectuée par une organisation internationale *ad hoc* devenait systématique, aussi bien pour la destruction des armes (5 000 tonnes d'agents, 1 300 000 munitions et plus de trente installations spécialisées détruites à ce jour) que pour la surveillance des activités industrielles à potentiel proliférant (plus de 300 inspections dans l'industrie depuis 1997).

L'aboutissement de la négociation du *Traité d'interdiction complète des essais nucléaires* (TICE), en septembre 1996, a permis d'établir une norme internationale essentielle pour empêcher la dissémination des armes nucléaires, qui constitue aussi un frein au développement qualitatif des arsenaux. La création d'une organisation, disposant d'un réseau international de surveillance dense, constitue un progrès concret.

Les approches du désarmement se sont aussi diversifiées

☛ L'approche humanitaire

L'attention dont ont bénéficié des problématiques situées aux confins du désarmement

et de l'humanitaire a permis l'adoption, par un processus de négociation inhabituel où les ONG ont joué un rôle majeur, de la convention d'Ottawa sur l'interdiction totale des mines antipersonnel et sur leur destruction, et contribue actuellement à la dynamique que connaît la question des armes légères et de petit calibre.

☛ L'approche régionale

L'adoption du *Traité sur les Forces conventionnelles en Europe* (FCE), en novembre 1990, le fonctionnement continu de son système de transparence et de vérification au cours de la décennie, ainsi que son adaptation, en l'an 2000, au contexte de l'après-guerre froide ont contribué à stabiliser et abaisser l'équilibre des forces conventionnelles dans la région européenne, et représentent une référence en matière de désarmement régional.

Les *zones exemptes d'armes nucléaires* ont renforcé les politiques globales de non-prolifération ; aux zones en Amérique latine et dans le Pacifique Sud se sont ajoutées celles d'Asie du Sud-Est et d'Afrique (non encore entrée en vigueur). Les Etats dotés se sont engagés à soutenir ces zones, notamment en renouvelant aux Etats parties aux traités les établissant, lorsque les conditions sont réunies, les *garanties négatives de sécurité* accordées unilatéralement aux Etats non dotés parties au TNP en avril 1995.

☛ La coopération américano-russe a continué de jouer un rôle important.

Start I a, en particulier, permis de réduire les arsenaux stratégiques de ces Etats (retrait de 9 000 têtes nucléaires entre 1994 et 2001), en renforçant la confiance grâce à un mécanisme de vérification. Les *déclarations Bush-Gorbachev-Eltsine* de 1991-1992 ont permis de fixer des objectifs importants de réduction des armes nucléaires tactiques.

L'allocation de ressources importantes à la coopération américano-russe a permis en outre d'aider au démantèlement des armes nucléaires,

chimiques et biologiques russes, ainsi qu'au traitement des matières fissiles ainsi libérées, de sécuriser les sites de stockage...

➤ Les mesures unilatérales ont permis des avancées importantes et rapides.

Elles ont été prises par les Etats dotés, et portent notamment sur la réduction de la posture d'alerte et la diminution des forces nucléaires (réduction du nombre de vecteurs, de SNLE à la mer, déciblage, suppressions de systèmes d'armes nucléaires, démantèlement des installations de production de matières fissiles pour les armes...).

➤ Des solutions ad hoc ont été mises en place pour traiter les situations les plus alarmantes.

Supervision par l'UNSCOM et l'AIEA, sous l'autorité du Conseil de sécurité des Nations unies, de la destruction des armes de destruction massive irakiennes, création de la KEDO pour remédier à la crise nord-coréenne de 1994, mise sur pied de divers projets d'assistance à la Russie pour le démantèlement de ses programmes d'armes de destruction massive, dans lesquels la France a pris une part active.

Les défis auxquels sont confrontés les régimes de non-prolifération sont multiples

Ils touchent à leur universalité, au respect des engagements, à l'insuffisance des normes dans plusieurs domaines.

Universalité

Malgré les aspirations exprimées dans les instances internationales (système des Nations unies, notamment) l'ambition d'universalité des instruments multilatéraux de désarmement et de non-prolifération apparaît aujourd'hui hors de portée. Leur extension remarquable au cours de la dernière décennie fait qu'ils se heurtent aujourd'hui pour la plupart à leurs limites stratégiques et poli-

tiques – qui renvoient *in fine* à la persistance de situations de tensions régionales, essentiellement en Asie du Sud, du Nord-Est et au Moyen-Orient.

Ce facteur régional explique largement la situation d'aujourd'hui. Trois Etats non-signataires du TNP sur quatre ont adopté des postures nucléaires, dont les motivations tiennent à la perception de leur environnement de sécurité. Seule Cuba paraît susceptible de rejoindre à terme le TNP comme Etat non doté.

De même, ces considérations régionales expliquent les liens entre différentes formes de prolifération. La contestation de la légitimité des instruments de non-prolifération et de leur prétention à l'universalité vient largement de ce qu'on leur reproche de sanctifier un *statu quo* régional asymétrique. Les non-signataires des conventions chimique et biologique sont largement, outre la Corée du Nord, des pays du Moyen-Orient (Syrie, Libye, Iraq...) qui entendent contrebalancer ainsi la posture d'Israël.

Le TICE est un cas particulier. Si parmi les quarante-quatre Etats dont la ratification est nécessaire pour l'entrée en vigueur, les trois seuls non-signataires sont des pays pour lesquels cette dimension régionale est essentielle (Corée du Nord, Inde et Pakistan), l'hypothèque actuelle principale pour la pérennité du Traité réside dans la décision de la nouvelle administration américaine de ne pas représenter le texte au Sénat – malgré la poursuite à ce jour de la mise en place du système de vérification.

Respect des engagements

Les chocs de la découverte des programmes NBC en Iraq, nucléaires en Corée du Nord, et biologiques en Russie ont eu pour effet positif de relancer le renforcement des normes internationales de non-prolifération et de désarmement. Mais ils ont également eu pour conséquence de diminuer globalement le degré de confiance des Etats dans le carac-

rière effectif de ces normes. L'impossibilité dans laquelle l'UNSCOM s'est trouvée d'apporter des conclusions définitives sur le désarmement irakien, alors qu'elle disposait de pouvoirs extrêmement étendus, n'a fait que renforcer une certaine tendance au scepticisme quant à l'efficacité de la vérification.

Cette tendance s'est traduite notamment de deux façons :

- abstention de recourir aux dispositions prévues par les traités pour vérifier les infractions (inspections par mise en demeure) ;
- position en retrait des Etats-Unis sur des instruments tels que le TICE ou le protocole de renforcement de la convention biologique en cours de négociation, exprimant cette difficulté à accepter des dispositions considérées comme trop contraignantes pour les "vertueux", sans pour autant être suffisamment dissuasives vis-à-vis des autres Etats.

Cette contestation de l'efficacité des instruments multilatéraux explique l'émergence d'un débat sur "les autres moyens" de parvenir au désarmement (des réductions unilatérales aux "frappes préventives").

Insuffisance des normes dans plusieurs domaines

Ces insuffisances se font particulièrement ressentir dans trois domaines : les missiles, le biologique et les transferts.

Les missiles

Dans le domaine balistique, aucune norme internationale susceptible de freiner ou d'interdire l'acquisition de missiles n'a été élaborée. C'est dans ce domaine que l'évolution de la prolifération est la plus marquée depuis dix ans : certains pays ne dissimulent pas leurs ambitions balistiques, en faisant valoir précisément l'absence de toute norme. Seul un régime de fournisseurs, le MTCR (*Missile Technology Control Regime*), permet de contenir la prolifération des missiles ou des

technologies de missiles. Mais l'absence d'universalité de ce groupe, limité à 33 Etats, restreint ses possibilités d'action.

Le développement des capacités balistiques dans les régions les plus sensibles du monde a conduit à la recherche d'instruments universels susceptibles de freiner la prolifération des missiles. Les membres du MTCR ont mis au point un projet de Code de conduite, qui a vocation à devenir un texte universel. Il se présente comme un ensemble de principes, de mesures de confiance et d'incitations susceptibles mis en œuvre par les Etats adhérents. La Russie, pour sa part, a proposé un Système global de contrôle (GCS), qui serait mis en œuvre dans le cadre des Nations unies.

C'est le constat de cette carence dans le domaine balistique qui a amené la France à proposer à ses partenaires européens, de prendre une initiative pour relancer le processus d'universalisation du Code de conduite élaboré au sein du MTCR.

Le biologique


L'absence de mesures de vérification dans le domaine biologique comparables à celles existant dans le domaine chimique n'est pas étrangère à la perception que les armes biologiques représentent une menace croissante. Cette perception est en effet liée au très faible degré de transparence existant relativement aux programmes biologiques des Etats, et à l'impossibilité d'y avoir accès en aucune circonstance. Dans ce cadre, le crédit accordé aux déclarations effectuées par les Etats (à l'image de celle de la Russie, en 1992, sur la cessation de ses activités offensives) est limité.

Les transferts

L'approche des régimes de fournisseurs semble rencontrer aujourd'hui un certain nombre de limites : la légitimité politique de ces groupes est contestée, ils éprouvent des difficultés à suivre l'évolution des technologies et à contrôler les biens à double usage et à contrôler la diffusion du savoir ;

par ailleurs, les capacités de production d'équipements proliférants dans des pays n'appartenant pas à ces régimes, voire de capacités autochtones par les pays proliférants eux-mêmes se développent.

La pérennité du régime international de non-prolifération repose sur sa crédibilité. Il importe donc de soumettre ses composantes à un examen continu, en fonction de l'évolution du contexte stratégique, d'en exploiter pleinement les mécanismes existants et d'en poursuivre l'adaptation à travers le développement de nouveaux mécanismes et de nouvelles normes

lorsque cela est nécessaire. Une des voies à explorer consiste à améliorer la complémentarité entre les différentes approches de la prolifération et du désarmement, en rappelant, d'une part, les liens unissant entre eux les différents instruments de désarmement, et, d'autre part, le caractère indissociable du règlement des questions régionales et des progrès du désarmement. C'est sur la consolidation et le renforcement de ces instruments que devrait être recherché un nouveau consensus sur la non-prolifération et le désarmement, en commençant par l'Union européenne, espace naturel d'expression d'une solidarité face aux enjeux de la sécurité internationale aujourd'hui. 

Dissuasion nucléaire aujourd'hui et demain : une mission d'exception

par le général de brigade aérienne Xavier JARRY
Chef de la division Forces nucléaires de l'Etat-major des Armées

The concept of deterrence will never be "dis-invented"; neither will nuclear science nor, a fortiori, the concept of nuclear deterrence – for the foreseeable future it will remain the ultimate guarantee of our security. However, the durability of the concept does not mean that it cannot evolve in its application: the French nuclear deterrence was born out of the cold war and has undergone many significant modifications in less than ten years to take account not only of developments in the strategic environment but also of budgetary constraints. These changes continue today, within the context of the "2015 model".

But regardless of whether we are addressing the day-to-day aspects of deterrence or making preparations for the future, the challenge is, at all costs, to preserve the exemplary nature of our ultimate guarantee. No mistakes can be tolerated with

On ne "désinventera" pas le concept de dissuasion, ni la science nucléaire, ni, *a fortiori*, le concept de dissuasion nucléaire, qui demeure à l'horizon visible la meilleure garantie de protection de nos intérêts vitaux. Toutefois, la pérennité du concept n'empêche pas l'évolution de ses modalités d'application : née de la guerre froide, la dissuasion nucléaire française a fait l'objet d'adaptations considérables en moins de dix ans, tant pour tenir compte des changements de contexte stratégique que des contraintes budgétaires. Et ces adaptations se poursuivent aujourd'hui, dans la perspective du "modèle 2015".

Mais qu'il s'agisse de la dissuasion au quotidien ou de la préparation de l'avenir, l'enjeu majeur reste de préserver coûte que coûte l'exemplarité de notre garantie ultime. Car dissuader "nucléairement" n'autorise aucun droit à l'erreur. C'est une mission d'exception.

... « Notre sécurité est et sera avant tout garantie par la dissuasion nucléaire. C'est vrai aujourd'hui, cela le sera plus encore demain. »

Cette affirmation du Président de la République, le 8 juin dernier devant l'IHEDN, a pu surprendre, alors qu'en France "le sentiment de sécurité par rapport à des menaces extérieures n'a jamais été aussi fort"... Surprise aussi sans doute quand le Président a désigné la "permanence de la dissuasion nucléaire" comme l'un des trois piliers fondamentaux et complémentaires de notre sécurité sur le long terme, aux côtés du "respect de la règle de droit" et de "la modernité et l'europanisation de notre outil de défense".

A l'heure où nombreux sont ceux qui doutent de la pertinence d'une dissuasion post-guerre froide, ce discours du Président donne l'opportunité d'un rappel de certains "fondamentaux", qui restent valables quel que soit le contexte.

- Dissuader est un réflexe de défense que l'on trouve depuis la nuit des temps chez toutes les espèces vivantes (même chez certains végétaux...).
- L'homme, en découvrant l'atome et son noyau, a compris qu'il touchait aux fondements mêmes de toute chose et de tout être, de l'infiniment petit et de l'infiniment grand ; après le drame d'Hiroshima et de Nagasaki, il a aussi compris toute l'importance pour l'humanité d'une parfaite maîtrise de cette découverte et de ses applications, pour le meilleur comme pour le pire.
- Réflexe de dissuasion et énergie nucléaire ne pouvaient que se rencontrer, car face à tout danger d'atteinte aux "intérêts vitaux", il n'y a pas, et il n'y aura peut-être jamais de système "meilleur" (en termes de coût/efficacité) que la dissuasion nucléaire : *« l'arme nucléaire reste le moyen de pallier, si nécessaire, d'éventuelles insuffisances dans d'autres domaines et permet d'éviter une "course aux armements conventionnels", contraire à notre politique de défense et insupportable sur le plan financier »* (Livre Blanc 1994).
- L'histoire de notre pays est telle que la France s'est lancée, il y a plus de cinquante ans, dans l'aventure de la dissuasion nucléaire et du "nucléaire" en général. Elle en a tiré de nombreux avantages, dans bien des domaines, au premier rang desquels on peut sans doute inscrire la paix et le "sentiment de sécurité" qu'évoquait le Président de la République.
- Les Français d'aujourd'hui ont reçu la dissuasion en héritage. Ils en sont responsables. Collectivement. Et une telle responsabilité n'est pas facile à porter, car la dissuasion nucléaire est d'une autre nature que tout autre système de dissuasion ou de défense. Une nature qui exclut radicalement tout droit à l'erreur.
- La gestion de l'héritage nucléaire est vivante : la dissuasion française a toujours fait l'objet d'adaptations, contrairement à l'idée répandue d'un système figé et rigide... Des adaptations majeures ont été notamment réalisées depuis la fin de la guerre froide, que seule, parmi les pays nucléaires, la France a consenties : arrêt de la production de matières fissiles et démantèlement des installations, arrêts des essais et démantèlement du centre d'expérimentation du Pacifique, suppression de toutes les armes balistiques sol/sol (*Hadès*, *S3*), réduction du format et de la posture des forces, et corrélativement, réduction de 58 % en 10 ans des crédits consacrés à la dissuasion. On ne peut donc prétendre que la dissuasion française ne soit qu'une survivance inchangée de l'époque de la guerre froide : son adaptation a été conduite en priorité, dès le début des années 90, les mesures unilatérales de réduction de nos moyens et de notre niveau de posture s'accompagnant simultanément d'une attitude volontariste sur la scène internationale, en faveur du désarmement et de la non-prolifération.

Mais toutes ces évolutions et adaptations se doivent de respecter des principes qui, eux, restent incontournables et pérennes.

- On ne "désinventera" pas la dissuasion ni le nucléaire, pour les raisons évoquées précédemment. C'est pourquoi le Président de la République parle de "long terme" et de "demain".

- Les intérêts vitaux, d'autant plus qu'ils sont appelés à s'élargir avec la construction de l'Europe, resteront à défendre : qui peut prétendre prévoir l'avenir avec certitude, avec un préavis suffisant pour reconstituer une force de dissuasion qui aurait été démantelée ? Même les bouleversements stratégiques majeurs ne préviennent pas longtemps à l'avance.

► La dissuasion s'adresse à tous ceux qui voudraient s'en prendre à nos intérêts vitaux : dénier le sens de la perception de la dissuasion à certains pays ou dirigeants qualifiés d' "irresponsables" relève tout simplement de l'ineptie. C'est pourquoi le Président de la République a rappelé très clairement que la dissuasion s'adresse non seulement à toute puissance capable de mettre en cause notre survie, mais aussi à quiconque s'en prendrait à nos intérêts vitaux, quels que soient ses capacités et les moyens qu'il utiliserait. En cela, il n'a d'ailleurs fait que reprendre, en les précisant, les termes du Livre Blanc de 1994 : *« Les scénarios dans lesquels [la dissuasion] peut être amenée à s'exercer se diversifient : rapport avec les grandes puissances actuelles ou nouvelles, rapport avec les puissances régionales qui viendraient à mettre en cause nos intérêts vitaux ».*

Au passage, rappelons que la dissuasion nucléaire ne dissuade pas de tout : malgré son statut de puissance nucléaire, la France a subi des attentats meurtriers sur son sol, et ses troupes en opérations extérieures ont payé un lourd tribut ces dernières années. C'est pourquoi il est nécessaire d'améliorer sans cesse les mesures de protection des populations et aussi des forces, ces mesures n'étant efficaces que si elles sont fondées sur une appréciation précise des dangers. Mais la dissuasion nucléaire n'a rien à voir avec de telles mesures de protection, qui peuvent aller du contrôle d'identité dans le métro aux sacs de sable ou aux systèmes anti-missiles balistiques de théâtre. En effet, la dissuasion nucléaire n'a de raison d'être que du fait des intérêts vitaux de la Nation, dont elle garantit la protection. Toutefois sa seule existence lui confère un rôle dans des conflits de basse intensité : le rôle du couvercle sur la boîte de Pandore qui interdit toute montée aux extrêmes. D'aucuns parlent de la "retenue" qu'impose la dissuasion nucléaire dans les

conflits conventionnels, ou encore de son "ombre projetée"... Ainsi, même s'il est vrai que le "découplage" entre forces conventionnelles et forces nucléaires est devenu une réalité depuis la fin de la guerre froide, gardons à l'esprit que lorsqu'un étranger rencontre (amicalement ou non) un soldat français, il voit en lui le représentant d'une nation nucléaire. Et c'est bien ainsi ; à condition bien sûr que cette dissuasion lui apparaisse comme pleinement responsable et maîtrisée.

Pour cela, parmi les "intangibles" en matière d'adaptation de la dissuasion, il faut considérer les deux principes fondamentaux que sont la permanence et la crédibilité, sans lesquels la dissuasion perdrait tout son sens, ses effets, et deviendrait même potentiellement dangereuse à bien des égards.

► La permanence tout d'abord, que le Président a placée en exergue, consiste à maintenir, quelles que soient les circonstances (paix, crise ou guerre) une capacité de frappe "suffisante" dans des délais prescrits (qui se comptent en jours ou en heures). Sans cette notion de permanence, la notion de "suffisance" disparaît, et avec elle une bonne part de la crédibilité. Sans permanence, la dissuasion devient "virtuelle", c'est-à-dire inutile, tout simplement. Mais la permanence, indispensable, à un coût : coût matériel bien sûr (nombre de sous-marins et d'avions disponibles en permanence avec tout leur soutien dans des délais prescrits), coût humain (nombre d'équipages et de personnels qualité) et coût organisationnel : les deux commandements opérationnels que sont la Force océanique stratégique (FOST) et les Forces aériennes stratégiques (FAS) sont les seuls "outils" qui permettent de décliner et de gérer concrètement, au quotidien, la permanence de la dissuasion. Sans eux, plus de permanence, plus de dissuasion.

❖ La crédibilité, enfin. Le terme est trop souvent employé sans qu'on comprenne bien ce qu'il recouvre dès lors qu'il s'agit de la dissuasion nucléaire au sens voulu par la France : car il s'agit tout simplement de perfection et d'exemplarité. Aujourd'hui plus qu'hier sans doute, d'autant plus que nous ne faisons face qu'à des risques et non des menaces, notre dissuasion se doit d'être exemplaire. Exemplaire vis-à-vis de nos concitoyens, et exemplaire vis-à-vis du reste du monde, alliés, amis, pays proliférants et/ou adversaires possibles. Cette exemplarité concerne en premier lieu les forces et leurs soutiens, la qualité des matériels en service mais avant tout la qualité des hommes et des femmes qui les mettent en œuvre, directement ou non. Qualité des formations, qualité de l'entraînement, qualité des organisations, sans oublier qualités morales et motivation.

Si l'exemplarité est l'exigence fondamentale pour ceux qui "font" la dissuasion au quotidien, elle n'en concerne pas moins ceux qui préparent la dissuasion de demain.

La préparation de l'avenir de la dissuasion est en effet une tâche essentielle tant pour en assurer la pérennité (permanence assurée sur le long terme) que pour en maintenir la crédibilité (évolutions techniques garantissant les performances, la fiabilité et la sûreté requises, dans le strict cadre de la suffisance).


Mais il s'agit d'une tâche extraordinairement complexe, qui consiste, pour les deux composantes, à renouveler sans rupture les porteurs (SNLE NG, *Rafale F3*), les vecteurs (*M51*, *ASMPA*), les têtes nucléaires (TNO, TNA), les infrastructures spécifiques et les moyens de communication et de commandement associés.

Les défis scientifiques et techniques doivent être relevés, sans heurts, dans le contexte budgétaire que l'on connaît, en respectant les délais prescrits, en tenant compte de normes sécuritaires de plus en plus contraignantes juridiquement, dans un paysage

industriel en pleine restructuration et, bien sûr, sans plus d'essais nucléaires. Le programme de simulation constitue dans ce contexte l'un des plus grands challenges des dix prochaines années, avec la mise au point de modèles numériques extraordinairement complexes, implantés sur de puissants moyens de calcul, ainsi que la réalisation d'outils expérimentaux très spécifiques : machine de radiographie Airix, inaugurée à la fin de l'année 2000 et laser mégajoule, dont le fonctionnement à pleine puissance est attendu à l'horizon 2010.

Les états-majors, la DGA, le CEA et les industriels restent aujourd'hui ceux qui doivent faire en sorte que la dissuasion nucléaire soit maintenue "au cœur des moyens qui permettent à la France d'affirmer le principe d'autonomie stratégique, dont découle notre politique de défense". On conçoit bien que, à l'instar des forces, l'exemplarité doive aussi rester de mise dans le monde de ceux qui préparent l'avenir de la dissuasion, qu'il s'agisse des moyens, des structures ou des hommes.

Les évolutions majeures dont notre dissuasion a fait l'objet depuis dix ans prouvent, s'il était besoin, qu'elle n'est pas "sanctuarisée" (au mauvais sens du terme !...). Mais ceux qui verraient là un prétexte pour en banaliser les moyens, les organisations et les métiers feraient fausse route : un pays "responsable" vis-à-vis de son patrimoine nucléaire ne peut s'affranchir d'en consentir le prix, en termes de crédibilité, de permanence et de pérennité.

Dissuasion d'aujourd'hui ou dissuasion de demain, la mission est de même nature : une mission d'exception au plein sens du terme. C'est sans nul doute ce que le Président de la République a voulu signifier en saluant « *la haute compétence et le dévouement de nos militaires et de nos ingénieurs de la force de dissuasion qui veillent, dans la plus grande discrétion, à la protection de nos intérêts vitaux, pour la sécurité de tous les Français* » 

Le concept nucléaire français dans le nouvel environnement stratégique

par Bruno TERTRAIS,
Chargé de mission auprès du Directeur - Délégation aux Affaires stratégiques

The current strategic context of nuclear deterrence is marked by four main evolutions. The first is nuclear disarmament, in which France has played a very significant role, while maintaining its nuclear deterrence policy. The second is the continued proliferation of weapons of mass destruction, including ballistic missiles, which will increasingly have to be taken into account by Western policy-makers. The third is the coming of missile defenses, which though important does not herald a revolution in strategic affairs. The fourth is the trend towards more accurate and powerful conventional munitions, which does not affect the unique character of nuclear weapons. In this context, France has adapted its nuclear deterrence policy while retaining its fundamental underlying principles. France's deterrence is meant to guarantee the country's survival in case it was threatened by a major power ; to ensure the freedom of action of French political leaders in case a regional power armed with WMDs threatened our vital interests ; and to contribute to the global deterrent power of the Atlantic Alliance as well as, increasingly, of France's European partners. To these ends, France maintains two complementary nuclear « legs », which will continue to be adapted and modernized to ensure that deterrence remains credible in all possible circumstances.

Le contexte stratégique actuel est marqué, dans le domaine nucléaire, par quatre évolutions notables : les progrès du désarmement, la poursuite de la prolifération, l'avènement des défenses antimissile et les perfectionnements des armes de précision.

Le contexte stratégique de la dissuasion Le désarmement

Au mois d'avril 2000, certains quotidiens français et internationaux annonçaient « la fin des armes nucléaires ». Cette présentation des résultats de la Conférence quinquennale d'examen du Traité de non-prolifération nucléaire (TNP), qui venait de s'achever à New York, a suscité à l'époque certaines inter-

rogations. En fait, les 187 Etats parties au traité, dont la France, n'avaient fait que s'accorder sur l'importance d'un certain nombre « d'étapes » sur le chemin du désarmement nucléaire.

La France n'a aucunement décidé de renoncer à la dissuasion nucléaire. L'article VI du TNP lie explicitement le désarmement nucléaire au « désarmement général et complet » ; comme l'avait souligné le Premier ministre à l'IHEDN, en 1998, « tant qu'un désarmement général et complet ne sera pas réalisé, l'arme nucléaire demeurera une nécessité. » En réaffirmant à New York, l'an dernier, « l'engagement sans équivoque en faveur de l'élimination complète de leurs arsenaux conduisant au désarmement nucléaire en faveur duquel sont engagés tous les Etats parties conformément à l'article VI », les pays appartenant au TNP n'ont fait que rappeler la force de cet engagement de principe, dont la mise en application paraît lointaine.

Mais la France a consenti, depuis la fin de la guerre froide, des efforts très importants dans les domaines de la non-prolifération et du désarmement nucléaires. Après avoir ratifié le TNP, elle a favorisé la création de zones exemptes d'armes nucléaires et donné des garanties de sécurité aux Etats non-nucléaires. Ayant procédé à son dernier essai (1996), elle a été la première puissance nucléaire, avec le Royaume-Uni, à ratifier le Traité d'interdiction complète des essais (1998). Elle est la seule puissance nucléaire à avoir décidé le démantèlement de son centre d'essais nucléaires et de ses installations de production de matières fissiles. Elle est aussi la seule puissance nucléaire dotée de missiles sol-sol à avoir totalement abandonné cette capacité.

La participation à des négociations internationales de réduction des armes nucléaires supposerait sans doute une transformation profonde des conditions stratégiques. En juin 1996, le Président de la République a rappelé pourquoi ce problème ne se pose pas : la capacité de dissuasion a été définie à un niveau strictement mesuré pour garantir notre sécurité ; la taille des arsenaux nucléaires russe et américain demeure sans commune mesure avec celle de nos capacités ; en outre, des incertitudes pèsent sur l'avenir de paramètres essentiels pour notre sécurité, tels que le traité ABM, qui contraint le déploiement des défenses chez les pays signataires, ou le respect des régimes de non-prolifération. Or, les incertitudes sur l'avenir du traité ABM sont encore plus fortes aujourd'hui, depuis l'arrivée au pouvoir de M. Bush. Et même s'il est actuellement question de fortes réductions unilatérales, ni Washington ni Moscou ne sont près d'atteindre des niveaux comparables à ceux des forces française et britannique.

La prolifération

La prolifération des vecteurs balistiques et des armes dites "de destruction massive", notamment chez les puissances régionales, est un autre trait caractéristique de l'environnement

actuel de la dissuasion. Ces moyens représentent d'ores et déjà une menace pour nos forces en opération à l'extérieur du territoire. Ils seront sans doute, à l'horizon d'une décennie, un risque pour le territoire européen, qui devra être pris en compte.

La prolifération n'est pas un phénomène nouveau. Mais elle a pris un tour différent après la fin de la guerre froide. L'on a assisté à une augmentation à la fois de "l'offre" et de la "demande". Du côté de "l'offre", l'immense potentiel en armes, technologies et connaissances scientifiques de l'ex-Union soviétique ; certes, celui-ci est resté largement sous contrôle en raison de l'assistance occidentale ; mais les insuffisances du pouvoir central russe et certaines tentations mercantiles font naître des inquiétudes. Du côté de la "demande", l'effacement de la confrontation bipolaire a suscité un besoin accru de sécurité de la part d'Etats se sentant moins protégés par l'un ou l'autre des grands protagonistes. Les dynamiques régionales propres (Moyen-Orient, sous-continent indien) ont alimenté ce phénomène.

La prolifération est difficilement réductible à un phénomène unique. Ses causes, ses manifestations et ses dangers sont variés. L'expression même "armes de destruction massive" relève en partie de l'abus de langage : les moyens concernés ont des caractéristiques techniques et des statuts juridiques très différents. Aujourd'hui, les principaux volets du problème posé par la prolifération sont les suivants :

- la liquidation de l'héritage NBC soviétique, avec ses zones d'ombre ;
- le contrôle de la prolifération des armes biologiques qui touche un domaine scientifique et commercial en pleine expansion ;
- le maintien de la norme de non-prolifération nucléaire dans un contexte de quasi-universalité du TNP qui conduira d'éventuels nouveaux candidats au statut nucléaire à "s'avancer masqués" ;

- le développement d'un réseau de coopérations entre puissances régionales, notamment dans le domaine balistique ;
- l'allongement de la portée moyenne des vecteurs qui conduit à une "globalisation" du problème de la prolifération, et leur diversification (probable diffusion des missiles de croisière).

Les défenses antimissile

Le déploiement de défenses antimissile par les Etats-Unis est une réponse directe à la prolifération balistique. Augure-t-il d'une révolution stratégique de nature à dévaloriser le rôle de l'arme nucléaire ? C'est loin d'être certain. Dans ce débat, déjà vieux d'une bonne quarantaine d'années, la conception dominante des défenses a toujours été celle d'un simple complément aux moyens nucléaires offensifs. Cette conception plutôt restrictive et limitée des défenses avait animé la rédaction du traité ABM ou le projet GPALS qui visait à la protection contre un lancement accidentel ou non autorisé. On rappellera également que, dans la deuxième partie des années 80, lorsque le Pentagone s'efforça de traduire en projets concrets "l'Initiative de défense stratégique" du Président Reagan, les seuls schémas réalistes s'avèrent être ceux de la protection des silos de missiles – au grand dam des plus fervents partisans des défenses...

Pour les Etats-Unis, aujourd'hui, la vocation des défenses s'inscrit encore dans une logique de complémentarité avec les moyens offensifs nucléaires. *Ex ante*, les défenses sont considérées comme un moyen de dissuasion : il s'agit de décourager la prolifération en "dévalorisant" le missile balistique et de neutraliser un éventuel chantage par de tels moyens. *Ex post* l'idée est de protéger le territoire américain contre une attaque limitée en cas de "mauvais fonctionnement" de la dissuasion en temps de crise, de lancement accidentel ou d'attaque de trop faible ampleur pour être couverte de manière crédible par

la menace d'une riposte nucléaire (par exemple, le tir d'un missile balistique conventionnel).

De nombreux responsables et experts républicains voient la défense antimissile comme le symbole d'une nouvelle conception stratégique, qui romprait définitivement avec la guerre froide. Elle serait aussi un moyen de se prémunir contre un chantage chinois. Mais il est probable que le discours triomphaliste d'une administration montante ne tiendra pas longtemps face aux réalités de l'exercice du pouvoir et aux difficultés techniques de programmes qui demeurent extrêmement ambitieux.

En outre, la dissuasion nucléaire dispose de bons arguments face à la "poussée" des défenses. D'abord, celles-ci ne seront jamais totalement efficaces : elles devront donc s'appuyer sur une capacité de riposte massive. Au demeurant, les opinions publiques se satisferaient-elles d'une protection reposant exclusivement sur des systèmes dont l'efficacité à 100 % ne sera jamais démontrée ? En outre, la dissuasion nucléaire demeurera la seule parade crédible face à une menace majeure : en dépit des progrès technologiques, l'idée d'un bouclier étanche face à une frappe massive n'est guère plus réalisable qu'elle ne l'était il y a vingt ans. Et l'argument éthique, cher à certains cercles américains, est parfaitement contestable : la dissuasion nucléaire est tout aussi morale que la protection antibalistique tant que l'on s'inscrit dans une logique de "non-emploi" de l'arme nucléaire, qui vise à empêcher l'agression.

Les progrès technologiques

Le développement d'armes conventionnelles plus précises, donc plus efficaces et techniquement aptes à remplir des missions que seules les armes nucléaires (de par leur énorme pouvoir destructeur) pouvaient remplir jusqu'à présent, est une tendance lourde. Déjà, dans les années 70, les analystes et ingénieurs mettaient en avant le potentiel de ce que l'on

appelait à l'époque les "technologies émergentes". Ce thème a été repris après la fin de la guerre froide. Pourtant, trente ans après l'apparition de cette idée, les missiles MX et *Trident-2* (les plus précis de leur catégorie) sont toujours armés de têtes nucléaires. Les raisons de cette résistance à la "conventionalisation" des stratégies nucléaires sont multiples.

- ❖ Les progrès de la précision bénéficient aux armes nucléaires comme aux armes conventionnelles : il est possible de réduire l'énergie de la tête nucléaire lorsque la précision du vecteur est accrue, ce qui diminue d'autant "l'avantage comparatif" dont bénéficieraient désormais les armes classiques, et donc la "pression" en faveur d'une substitution de moyens conventionnels à des moyens nucléaires. Et si le pouvoir de destruction de "l'épée" augmente, celle du "bouclier" augmente elle aussi (durcissement des matériaux, rapidité des foreuses modernes...). L'arme nucléaire demeure le seul moyen d'assurer que les centres de pouvoir d'un adversaire seraient directement menacés.
- ❖ Même dans l'hypothèse où des armes classiques donneraient la capacité de menacer des objectifs qu'il n'est aujourd'hui possible de détruire qu'avec des moyens nucléaires, l'arme nucléaire demeurerait le seul moyen qui confère un pouvoir de destruction massive à un coût supportable.
- ❖ Surtout, l'arme nucléaire reste "différente" des autres et perçue comme telle à la fois par les Etats qui la détiennent et par leurs adversaires potentiels, d'où les limites inhérentes à la notion de "dissuasion conventionnelle".

Pour ces raisons, la "révolution dans les affaires militaires" n'annonce donc pas la fin des armes nucléaires.

Le concept nucléaire français La doctrine

Dans ce contexte, comment se situe la doctrine française de dissuasion nucléaire ? Le Président de la République en a rappelé les fondements et les grands axes lors de son intervention devant les auditeurs de l'IHEDN, le 8 juin 2001.

La dissuasion nucléaire a pour but, on le sait, de protéger nos intérêts vitaux. Cette notion est parfois mal comprise. Ces intérêts ont trait à l'essence même de notre pays. Le Livre Blanc de 1994 avait précisé que « *l'intégrité du territoire national, comprenant la métropole et les départements et territoires d'outre-mer, de ses approches aériennes et maritimes, le libre exercice de notre souveraineté et la protection de la population, en constituent le cœur aujourd'hui* ». Ce langage a été repris dans la loi de programmation militaire 1997-2002. Ainsi, il n'est pas possible de dire que seul le territoire national est couvert par la dissuasion nucléaire. Il n'est pas non plus possible de délimiter par avance le champ de nos intérêts vitaux. Celui-ci peut en effet évoluer dans le temps et l'espace. En outre, l'incertitude fait partie de la dissuasion : un adversaire qui connaîtrait par avance la délimitation exacte de nos intérêts vitaux serait en mesure de calculer précisément les risques inhérents à son agression ; mais l'adversaire qui envisagerait d'avoir recours à des armes chimiques, biologiques ou nucléaires contre les intérêts de la France, s'exposerait en tout état de cause à de très graves dommages. Et s'il était jugé que ces intérêts avaient un caractère vital, notre réponse ne pourrait être que nucléaire, à la mesure des enjeux.

L'agression contre les intérêts vitaux serait donc justiciable d'une riposte nucléaire, quelles que soient les circonstances et la nature des armes employées. D'où le refus du concept de "non-emploi en premier", qui repose sur l'idée selon laquelle le nucléaire ne peut ou ne doit dissuader que le nucléaire.

La France conçoit l'exercice de sa dissuasion nucléaire dans des circonstances extrêmes, dans le cadre des normes juridiques internationalement admises auxquelles elle souscrit. Celles-ci comprennent le droit de légitime défense reconnu par l'article 51 de la charte des Nations-Unies.

A l'heure actuelle, la France « *ne se connaît pas d'adversaire désigné* » (Livre Blanc). Le Président de la République a pu préciser, en 1997, qu'avec le démantèlement des missiles du plateau d'Albion, aucun moyen nucléaire français n'était désormais « ciblé ». La dissuasion concerne toute puissance qui aurait la capacité et la volonté d'attenter aux intérêts vitaux, « même lointaine » comme le soulignait déjà le Premier ministre à l'IHEDN en 1999. Et elle doit, pour être crédible, s'exercer en permanence, fût-ce de manière discrète.

Si la menace d'une agression aéroterrestre massive contre l'Europe a peu de chances de revoir le jour à moyen terme, la manifestation d'un risque majeur contre la France ne peut être totalement exclue. Des arsenaux nucléaires importants demeureront dans le monde pendant encore longtemps, et certains sont même en voie d'accroissement. Dans ce contexte, la dissuasion demeure la garantie ultime de notre survie face à toute puissance majeure hostile et dotée des moyens de mettre en cause notre existence même. C'est la fonction première de notre armement nucléaire.

En outre, il a été reconnu, à partir de 1994, que d'autres types de menaces sur les intérêts vitaux de la France étaient susceptibles d'apparaître du fait de la prolifération des armes de destruction massive. Le Président de la République affirmait dès 1995 que « *seule la force de dissuasion garantit la France contre l'éventuel recours à des armes de destruction massive, quelle qu'en soit la nature.* » Le Premier ministre a lui-même rappelé que l'arme nucléaire permet à la France « *de faire face aux risques liés à l'existence d'armes de destruction massive et de vecteurs balistiques, en préservant notre liberté de manœuvre face à une menace contre nos intérêts*

vitaux. » (M. Jospin à l'IHEDN, 1999). Aussi n'est-il plus possible de résumer le concept français à une dissuasion du faible au fort : il n'est pas exclu qu'en raison des développements de la prolifération, des puissances régionales soient à même, à l'avenir, de mettre en cause nos intérêts vitaux. Cette idée a été réaffirmée avec force par le Président de la République dans son intervention du 8 juin 2001. Face au risque d'un échec des politiques de non-prolifération, la France considère que, pour ce qui la concerne, la meilleure réponse demeure celle de la dissuasion nucléaire. C'est la deuxième fonction de notre arsenal nucléaire.

Le Président de la République a précisé que dans un tel cas « *les dommages auxquels s'exposerait un éventuel agresseur s'exerceraient en priorité sur ses centres de pouvoir, politique, économique et militaire.* » Il s'agit, à cet égard, d'adapter la menace dissuasive à l'enjeu du conflit – qui ne serait pas, face à une puissance régionale, notre survie même. Dès lors, n'est-il plus possible de résumer le concept français à l'idée d'une dissuasion anti-cités, expression qui au demeurant avait déjà disparu depuis longtemps de notre langage public.

Au temps de la guerre froide, l'exercice de la dissuasion nucléaire était fortement lié à l'action conventionnelle de grande envergure, elle-même réservée à la défense du territoire. La manœuvre des armées aurait eu pour but de tester l'adversaire sur ses intentions et de le forcer à élever le seuil de son agression. Dans le nouveau contexte, le couplage entre forces classiques et forces nucléaires n'est plus aussi fort. En effet, d'une part, « *les moyens conventionnels sont appelés à jouer dans certains cas un rôle stratégique propre* » (Livre Blanc) ; d'autre part, l'éventuelle mise en jeu de la dissuasion nucléaire ne ferait pas nécessairement suite à un engagement massif de forces conventionnelles. Alors que les forces conventionnelles contribuaient, dans le scénario de la guerre froide, à éviter le « contournement » de la dissuasion, désormais l'inverse peut être

vrai : à l'occasion d'opérations extérieures, de crises régionales, c'est la dissuasion nucléaire qui garantira la liberté d'action des autorités politiques en permettant d'éviter que la France soit soumise à un chantage mettant en jeu ses intérêts vitaux.

Quel que soit l'adversaire et les circonstances de la crise, la France maintient, comme l'a rappelé le président de la République, « *la capacité de marquer, le moment venu, à un adversaire éventuel, à la fois que nos intérêts vitaux sont en jeu et que nous sommes déterminés à les sauvegarder.* » Ce concept correspond à ce que l'on appelait, au temps de la guerre froide, "l'ultime avertissement". Ce vocabulaire peut paraître quelque peu daté aujourd'hui, mais, dans des crises plus complexes que par le passé, y compris face à un adversaire régional qui pourrait se méprendre sur notre détermination, le concept qu'il recouvre est autant, voire davantage pertinent qu'il ne l'était dans le scénario d'une agression en Europe au temps de la guerre froide. Il est la contrepartie de l'incertitude qui existe sur la délimitation de nos intérêts vitaux.

Pour autant, toutes les armes nucléaires françaises sont considérées comme stratégiques. En effet, comme l'a rappelé le président de la République, « *par essence, l'arme nucléaire est différente* » (IHEDN, 2001). L'unicité de notre doctrine, et celle de notre arsenal, est un trait fondamental de la politique française de dissuasion. La dissuasion est une, quelles que puissent être les circonstances dans lesquelles elle pourrait devoir s'exercer.

Le Livre Blanc de 1972 disait déjà que « *La France vit dans un tissu d'intérêts qui dépasse ses frontières. Elle n'est pas isolée.* » Cette contribution indirecte à la sécurité de ses partenaires, qui réside notamment dans le fait que l'existence d'une dissuasion française compliquerait le calcul d'un agresseur contre l'Alliance atlantique, a valu à la France une reconnaissance officielle de la "légitimité" de sa force de dissuasion aux yeux de ses alliés américains et européens, par la déclaration

transatlantique d'Ottawa (1974), dont les termes ont été repris par le nouveau concept stratégique de l'Alliance atlantique (1999).

Les déclarations des autorités françaises soulignent désormais fréquemment la dimension européenne potentielle de la dissuasion, qui s'inscrit dans une perspective de long terme. Le Livre Blanc de 1994 avait suggéré qu'il ne saurait y avoir d'autonomie stratégique européenne sans le nucléaire. Les dirigeants français et britanniques ont reconnu, en octobre 1995, l'existence d'intérêts vitaux communs aux deux puissances nucléaires européennes : MM. Chirac et Major ont déclaré qu'ils n'imaginaient pas « *de situation dans laquelle les intérêts vitaux de l'un de nos deux pays, la France et le Royaume-Uni, pourraient être menacés sans que les intérêts vitaux de l'autre le soient aussi.* » Et d'ores et déjà, l'appréciation de l'atteinte qui serait portée à nos intérêts vitaux, qui revient au Président de la République, « *tiendrait compte naturellement de la solidarité croissante des pays de l'Union européenne.* » (M. Chirac à l'IHEDN, 2001). Cette contribution potentielle à la sécurité de nos partenaires et alliés est la troisième fonction de notre arsenal nucléaire.

Les forces

S'il reconnaît l'existence d'une dimension européenne de la dissuasion, le concept français n'implique pas moins la maîtrise nationale de l'ensemble des technologies et des outils scientifiques et industriels afférents, essentiels à la constitution des forces, et une totale indépendance nationale s'agissant de la planification et de la décision d'emploi de ses armes. Il est peu probable, à court et moyen termes, que l'intégration européenne soit de nature à modifier profondément cet état de fait.

Le "dimensionnement" des forces nucléaires françaises demeure basé sur la notion de suffisance. Celle-ci limite nos besoins à la capacité d'exercer des dommages qui puissent être perçus par un adversaire comme

disproportionnés au regard de l'enjeu du conflit. Elle exprime le refus d'une stratégie anti-forces qui aurait l'ambition de détruire les moyens nucléaires adverses : très exigeante sur le plan technique, ce type de stratégie est en effet de nature à favoriser la course aux armements, comme on a pu le constater pendant la guerre froide.

Les dommages doivent pouvoir être exercés en toutes circonstances et donc le cas échéant "en second" : la France doit pouvoir exercer une rétorsion nucléaire après une frappe de l'adversaire. Ce besoin implique de disposer d'un total de quatre SNLE permettant d'assurer, si nécessaire, une permanence de deux bâtiments à la mer. La France dispose également de trois escadrons de *Mirage 2000N* et d'une flottille embarquée de *Super-Etendard* pouvant emporter le missile air-sol moyenne portée (ASMP). Les deux composantes, complémentaires, ont chacune ses caractéristiques propres : mode de pénétration aérobie pour l'ASMP, balistique pour le *M45*. Cette diversité est conçue comme une assurance contre tout développement de nature à affaiblir les capacités de l'une ou de l'autre ; il s'agit d'une traduction de la sagesse

populaire selon laquelle on ne met pas "tous ses œufs dans le même panier"... En outre, certains avantages propres de la composante aérienne (visibilité, souplesse de planification) sont perçus comme autant d'atouts dans la perspective de crises plus complexes et plus diverses que par le passé.

L'évolution des forces devra prendre en compte celle des menaces potentielles. Ainsi, comme le disait le Premier ministre à l'IHEDN en 1999, la France veille « à ce que l'évolution de nos équipements prenne en considération les armes balistiques et de destruction massive dont se dotent certaines puissances et que ces équipements soient en mesure de dissuader toute menace, même lointaine. » Elle doit pouvoir continuer à garantir que la France aurait à la capacité d'infliger des dommages inacceptables à tout Etat qui s'en prendrait à ses intérêts vitaux « en toutes circonstances et quelles que soient la localisation ou la nature de la menace. » (M. Chirac à l'IHEDN, 2001). Les caractéristiques techniques des systèmes d'armes ASMPA-TNA et M51-TNO devront en tenir compte. 🌐

Arsenaux, non-prolifération et désarmement nucléaires

par Pierre FESSLER, Responsable affaires nucléaires
Service des programmes nucléaires - Sous-direction des affaires nucléaires

The time is long past when changes in nuclear arsenals could be considered independently from the international non-proliferation and disarmament context. Of course, decisions on nuclear matters remain the sovereign responsibility of nations, and are dictated by an assessment of the security level to which they aspire and which is their right. But it must be recognised that changes in nuclear arsenals are now usually legally constrained by the content of bilateral commitments contracted by possessor nations under quasi-universal non-proliferation and disarmament treaties. The first part will remind the reader of the most significant of these while the second will describe the recent major reductions in nuclear warheads held by the Five Powers. The final part will attempt to demonstrate that, following a period of appeasement in the international climate that has favoured reductions in these weapon stocks, the geostrategic balance may soon be significantly disrupted.

Le temps n'est plus où l'évolution des arsenaux nucléaires pouvait s'analyser indépendamment du contexte international de non-prolifération et de désarmement. Certes, et c'est heureux, les décisions en matière nucléaire, dictées par l'appréciation du niveau de sécurité auquel ils aspirent et auquel ils ont droit, restent de la souveraineté des États. Mais force est de constater que l'évolution des arsenaux s'inscrit dorénavant le plus souvent dans le cadre, juridiquement contraignant, d'accords bilatéraux et dans celui des engagements contractés par les États dotés au titre des instruments quasi universels de non-prolifération et de désarmement.

La première partie de cet article remémorera justement au lecteur les plus importants d'entre eux tandis que la seconde mettra en évidence la récente et forte diminution des arsenaux nucléaires détenus par les Cinq. La dernière partie s'efforcera de

montrer qu'après une période d'apaisement du climat international propice à une réduction de ces arsenaux, les équilibres géostratégiques pourraient prochainement être substantiellement bouleversés.

Les instruments de la non-prolifération et du désarmement nucléaires

La prise de conscience américaine fut rapide ; trois mois après Hiroshima, le Président des États-Unis, à l'issue d'entretiens avec les Premiers ministres du Canada et du Royaume-Uni, lança l'idée de créer, au sein de l'Organisation des Nations unies, une commission de l'énergie atomique. Il était inacceptable que l'arme nucléaire se banalisât. Pour cela, il fallait une idée à la fois simple et attrayante : proposer, en échange du renoncement à l'arme nucléaire, de favoriser l'utilisation contrôlée de l'énergie atomique à des fins pacifiques.

L'agence internationale de l'énergie atomique

Ce principe fut adopté à l'unanimité en janvier 1946 par la première assemblée géné-

rale des Nations unies, mais il fallut attendre dix ans pour que, sur proposition du président Eisenhower – discours de l'*Atoms for Peace* –, le statut de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) voie le jour. Autonome à l'égard des Nations unies, l'agence, dont le siège est à Vienne, favorise le développement de l'énergie atomique dans le monde et s'assure au moyen de garanties que l'aide ainsi fournie n'est pas détournée à des fins militaires.

Le système des garanties, loin d'être figé, a fait la preuve à plusieurs reprises de sa capacité à s'adapter à l'exigence d'une meilleure crédibilité. D'abord limitées aux réacteurs de recherche, les garanties s'étendent aux réacteurs de puissance en 1965, aux usines de fabrication et de retraitement des combustibles en 1966 et 1968, puis à presque la totalité du cycle du combustible en 1969 (sauf les usines d'enrichissement de l'uranium et les usines de transformation des matières brutes). Mais deux modifications beaucoup plus radicales interviendront, d'abord en 1971 après l'entrée en vigueur du traité de non-prolifération et ensuite en 1997 après l'accord intervenu sur le programme « 93 + 2 » de renforcement des garanties.

Le traité de non-prolifération nucléaire

Ce traité consacre pleinement l'objectif de limiter aux seuls Etats ayant procédé à une explosion nucléaire avant son entrée en vigueur (l'article IX fixe même une date par anticipation au 1^{er} janvier 1967), le droit de disposer de l'arme nucléaire. Il émane d'un projet de résolution de l'Irlande présenté à l'ONU en 1961 et qui sera discuté pendant quatre ans par le comité du désarmement, ancêtre de la conférence du désarmement à Genève, pour aboutir à un texte accepté par l'assemblée générale, le 10 juin 1968. Par le jeu des ratifications, le traité entrera en vigueur en 1970 pour une durée de 25 ans ; la France et la Chine ne s'y joindront que bien plus tard, en 1992.

Le traité reconnaît donc, sans les nommer, cinq Etats dotés : la Chine, la France, le Royaume-Uni, les Etats-Unis et la Fédération de Russie (ex-Union soviétique). L'équilibre des obligations entre les Etats est assuré par l'engagement :

- des Etats dotés à ne pas transférer d'armes nucléaires et à ne pas aider, encourager ou inciter un Etat non doté à fabriquer ou à acquérir des armes ou autres dispositifs nucléaires explosifs (art. I) ;
- des Etats non dotés à ne pas fabriquer ni acquérir des armes ou autres dispositifs nucléaires explosifs (art. II).

L'article III confie naturellement la responsabilité de la vérification du traité à l'AIEA qui se voit accorder de nouvelles prérogatives : les Etats parties non dotés s'engagent, en effet, à accepter des contrôles sur toutes les matières brutes ou tous produits fissiles spéciaux dans toutes les activités nucléaires pacifiques exercées sur leur territoire. C'est à ce titre que s'effectue le passage d'un système de garanties partielles (INFCIRC/66) au système de garanties qualifiées d'intégrales ou généralisées (INFCIRC/153).

Deux autres articles méritent l'attention : l'article IV qui affirme le droit inaliénable de toutes les parties de développer la recherche, la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques et facilite le développement de la coopération internationale à cette fin, et l'article VI qui engage les parties à poursuivre de bonne foi des négociations sur le désarmement nucléaire et sur un traité de désarmement général et complet sous un contrôle international strict et efficace. Cet engagement vaut aussi pour la France, on l'oublie trop souvent, de même que le lien entre le désarmement nucléaire et le désarmement général et complet qui confère à ce traité une portée qui s'étend bien au-delà des seuls aspects nucléaires.

Cet article sera au cœur des discussions en 1995 qui aboutiront à la prorogation indéfi-

L'organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires

L'article II du traité établit l'Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires (OTICE) chargée de la mise en œuvre du traité et de l'application de ses dispositions y compris celles relatives à la vérification internationale du respect du traité. Tous les Etats parties sont membres de droit de l'OTICE, dont le siège est à Vienne. L'organe principal de l'organisation est la conférence des Etats parties. Le conseil exécutif, composé de 51 membres, relève de la conférence des Etats parties et est l'organe exécutif de l'organisation. Enfin, le secrétariat technique est chargé de la mise en place du système de surveillance international et comprend le centre international de données.

Dans l'attente de l'entrée en vigueur du traité, une commission préparatoire à l'Organisation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires a été créée à New York. Aujourd'hui, le secrétariat technique provisoire emploie plus de 200 personnes de 66 nationalités différentes et dispose d'un budget annuel d'environ 80 millions de dollars abondés par la contribution financière des Etats selon le barème des quotes-parts de l'ONU. A ce rythme, le système de vérification du traité pourrait être totalement opérationnel en 2003.

Le système de vérification du traité

La crédibilité du traité repose sur le concept de vérification a posteriori au moyen d'inspection sur place et d'un système de surveillance international (IMS - *International Monitoring System*) d'une sensibilité kilotonnique. Il est constitué d'un réseau de 321 stations de détection réparties sur l'ensemble de la planète, dont les données sont envoyées, puis analysées en temps réel par le centre international de données (IDC - *International Data Center*) situé à Vienne.

L'IMS repose sur la mise en place de quatre types de stations différentes, chacune spécialisée dans la détection d'un des quatre effets physiques spécifiques à l'environnement dans lequel se produit l'explosion nucléaire. Ainsi, les explosions souterraines seront principalement traquées par des stations sismiques, les explosions sous-marines par des stations hydroacoustiques et les explosions atmosphériques par des stations spécialisées dans la détection des ondes sonores et des radionucléides.

Le réseau de surveillance sismologique

Particulièrement adapté à la détection des essais souterrains ou à la surface du sol, il comporte 50 stations dites "primaires" dont les mesures sont transmises en continu et en temps réel au centre international de données ainsi que 120 stations "auxiliaires" dont les données sont sollicitées en fonction des besoins par le centre international de données. La liste des stations et leur emplacement géographique figurent en annexe au protocole du traité. La France a accepté que trois stations de ce type soient implantées sur son territoire : une station primaire à Tahiti et une station auxiliaire en Nouvelle-Calédonie et en Guyane.

Le réseau de surveillance hydroacoustique

Les océans constituent un milieu très favorable à la propagation des ondes acoustiques. Ainsi, les explosions - même de faible puissance - peuvent être détectées en vue directe à des milliers de kilomètres de distance. Le réseau hydroacoustique comprendra 11 stations dont deux implantées sur le territoire français : une aux îles Crozet et une en Guadeloupe.

Le réseau de surveillance des infrasons et des radionucléides

Une explosion nucléaire atmosphérique est identifiable notamment par les perturbations de la pression atmosphérique qu'elle engendre et par l'augmentation de la radioactivité contenue dans l'air. Ainsi des microbarographes ultrasensibles sont capables de localiser précisément le point d'émission des ondes basse fréquence même à très longue distance. Parmi les 60 stations infrasonores du système de détection, la France en accueillera 5 sur son territoire (dont une aux Marquises). Quant aux mesures des retombées radioactives au sol, elles seront assurées par un réseau de 80 stations, parmi lesquelles 6 stations seront implantées sur le territoire national (dont une à Tahiti).

nie du traité en contrepartie d'une déclaration politique sur les principes et objectifs de la non-prolifération et du désarmement nucléaire. Elle comporte un programme d'actions dont les résultats seront appréciés au moment des conférences d'examen quinquennales (la première a eu lieu l'année dernière), articulé en trois volets :

- la conclusion, au plus tard en 1996, des négociations sur un traité d'interdiction totale des essais nucléaires (TICE ou CTBT) ;
- l'ouverture immédiate et la conclusion rapide de négociations sur une convention, non discriminatoire et de portée universelle, interdisant la production de matières fissiles destinées à la fabrication d'armes ou d'autres dispositifs nucléaires explosifs (TIPMF ou *cut-off*) ;
- la poursuite d'efforts systématiques et progressifs afin de réduire les armes nucléaires dans leur ensemble et de les éliminer en vue d'un désarmement général et complet.

La première conférence d'examen quinquennale de l'an 2000 a réaffirmé, complété et même durci quelque peu ce programme d'action. Aujourd'hui, pas moins de 188 pays sont parties au traité. Seuls quatre n'ont pas adhéré au principe de départ considéré comme fondamentalement injuste et discriminatoire : il s'agit de Cuba et des trois pays encore pudiquement qualifiés du seuil, Israël, l'Inde et le Pakistan et qui eux disposent, à n'en pas douter, de capacités nucléaires explosives. Non-membres du TNP, ces pays ne sont pas liés par un accord de garanties généralisées avec l'AIEA mais simplement par un accord de garanties type INFCIRC/66.

Le traité d'interdiction complète des essais nucléaires

C'est donc un demi-siècle après la première explosion nucléaire – et après non moins de quarante ans de négociations jalonnées par l'entrée en vigueur, en 1963, du traité d'inter-

diction partielle des essais nucléaires qui prohibait les essais dans l'atmosphère, sous l'eau et dans l'espace extra-atmosphérique et par l'entrée en vigueur, en 1990, des traités interdisant les essais nucléaires souterrains de plus de 150 kT et restreignant les explosions nucléaires pacifiques – que le traité d'interdiction complète des essais nucléaires, dans le cadre d'une procédure exceptionnelle, s'est ouvert à la signature des Etats, à New York, le 24 septembre 1996, en marge de l'assemblée générale des Nations unies. Les obligations fondamentales énoncées à l'article premier du traité portent sur l'engagement par les Etats parties de ne pas effectuer d'explosion expérimentale d'arme nucléaire ou d'autre explosion nucléaire, d'interdire et d'empêcher toute explosion de cette nature sur son territoire et de s'abstenir de provoquer, d'encourager l'exécution ou de participer de quelque manière que ce soit à l'exécution de toute explosion expérimentale d'arme nucléaire ou de toute autre explosion nucléaire.

Signé aujourd'hui par plus de 150 pays mais ratifié par une cinquantaine seulement (dont la France), les perspectives de son entrée en vigueur s'éloignent malheureusement chaque jour davantage, surtout après le rejet, le 13 octobre 1999, de la ratification du traité par le sénat américain et après le retrait de cette question de l'agenda de la nouvelle administration républicaine.

Notons que la France est le seul Etat doté à avoir accompagné le démantèlement physique de son unique champ d'expérimentations de deux instruments juridiquement contraignants, en ratifiant le traité de Rarotonga (zone exempte d'arme nucléaire dans le Pacifique) et le traité d'interdiction complète des essais nucléaires.

Le futur traité d'interdiction de la production de matières fissiles pour les armes nucléaires

Le deuxième volet du programme d'actions adopté, en contrepartie de la prorogation

indéfinie du TNP en 1995, prévoit l'arrêt de la production de matières fissiles pour les armes nucléaires. Après le terme de l'évolution qualitative des armes imposé par le TICE, ce traité, en interdisant toute nouvelle production (mandat Shanon), plafonnerait les stocks de matières fissiles à celles produites avant son entrée en vigueur et limiterait donc quantitativement le nombre d'armes nucléaires.

La France, après avoir arrêté toute production de matières fissiles de qualité militaire (arrêt de la production de plutonium à Marcoule dès 1992 et arrêt de la production d'uranium très enrichi à Pierrelatte en 1996) et commencé à démanteler ses anciens sites de production, est favorable au lancement de cette négociation. Les liens de "conditionnalité" avec le désarmement nucléaire ou l'espace extra-atmosphérique imposés par certains pays n'ont cependant pas permis l'ouverture des discussions à la conférence du désarmement à Genève.

Le contrôle des exportations

La France participe activement aux deux régimes de fournisseurs de biens nucléaires qui trouvent leur fondement dans l'article III du TNP : « *tout Etat partie au traité s'engage à ne pas fournir de matières brutes ou de produits fissiles spéciaux, ou d'équipements ou de matières spécialement conçus ou préparés pour le traitement, l'utilisation ou la production de produits fissiles spéciaux, à un Etat non doté d'armes nucléaires, quel qu'il soit, à des fins pacifiques, à moins que lesdites matières ou lesdits produits fissiles spéciaux ne soient soumis aux garanties de l'AIEA.* »

Le Comité Zangger, du nom de son président, a été fondé en 1974 et rassemble aujourd'hui une quarantaine de pays qui s'engagent à n'exporter vers les pays non parties au TNP les matières et équipements inscrits dans la liste de base (*trigger list*) que s'ils obtiennent en retour une garantie formelle d'un usage non explosif et de non réexportation.

Le groupe des fournisseurs nucléaires (NSG), ou club de Londres, créé en 1975, renforce les dispositions du comité Zangger et les étend à tous les Etats non dotés parties ou non au TNP. Après la découverte du programme nucléaire clandestin de l'Irak, les biens à double usage sont intégrés dans la liste soumise au contrôle à l'exportation et la règle de l'exportation de biens spécifiquement nucléaires uniquement vers les pays ayant conclu un accord de garanties intégrales avec l'AIEA est instaurée.

Les zones exemptes d'armes nucléaires

Le principe des zones exemptes d'armes nucléaires, antérieur au TNP mais retranscrit à l'article VII, s'apparente au concept ancien de neutralité même si d'aucuns tentent d'utiliser cet instrument comme moyen de bannir globalement l'arme nucléaire en procédant par extension géographique des zones où elle est déjà exclue.

Une zone exempte d'armes nucléaires est une étendue géographique dont les Etats non dotés qui la composent renoncent à la fabrication, détention et stationnement d'armes nucléaires sur leur territoire et dont les Etats dotés, pour les territoires sous leur juridiction inclus dans la zone, acceptent les mêmes obligations et, selon les cas, renoncent à procéder à des expérimentations nucléaires. Les traités instituant ces zones sont complétés par des protocoles additionnels octroyant des garanties de la part des Etats dotés de ne pas utiliser ou menacer d'utiliser l'arme nucléaire contre les pays de la région (garanties dites "de sécurité négative").

Le traité précurseur en la matière est celui de Washington sur l'Antarctique (1959) qui stipule une démilitarisation et une dénucléarisation totale du continent austral. Deux autres zones concernent des régions inhabitées ; le traité sur l'espace extra-atmosphérique de 1967 et le traité sur les fonds sous-marins de 1971.

Parmi les traités couvrant des zones habitées, citons le traité de Tlatelolco (signé à

Mexico, en 1967), visant l'interdiction des armes nucléaires en Amérique latine, le traité de Rarotonga (Pacifique sud) entré en vigueur en 1986 et le traité de Pelindaba (Afrique) signé en 1996, au Caire. La France a signé et ratifié tous les protocoles additionnels liés à ces traités. Citons enfin le traité de Bangkok, signé en décembre 1995, qui institue une zone exempte d'armes nucléaires en Asie du Sud-Est ; des problèmes techniques n'ont pas encore permis à la France et aux autres Etats dotés d'y adhérer.

Le programme de renforcement des garanties de l'AIEA

A deux reprises, le système des garanties généralisées s'est montré défaillant : en 1991, lors de la découverte du programme nucléaire militaire clandestin de l'Irak et lors des difficultés rencontrées par l'AIEA en Corée du Nord pour vérifier le stock initial de matières nucléaires déclarées par cet Etat. L'Irak et la Corée du Nord avaient pourtant contracté avec l'AIEA un accord de garanties généralisées au titre de leurs obligations en tant que membres du TNP. Les insuffisances du système de vérification ont vite été identifiées. L'AIEA n'était tenue de vérifier que les matières nucléaires déclarées (en principe toutes) dans les activités nucléaires déclarées (en principe toutes, également), mais elle ne disposait pas de prérogatives suffisantes pour détecter un programme clandestin et, en outre, les inspections spéciales expressément prévues par les accords n'ont quasiment jamais été mises en œuvre.

Il fut donc décidé en 1993, avec pour objectif de conclure avant la prorogation du TNP en 1995 – d'où l'appellation du programme « 93 + 2 » –, d'établir un programme de renforcement des garanties susceptible de renforcer les capacités de l'agence à détecter des activités clandestines et/ou des matières non déclarées dans les Etats non dotés et d'augmenter l'efficacité et le rendement des garanties.

Le cadre juridique existant étant jugé trop exigü, un protocole additionnel aux accords de garanties généralisées a été adopté en 1997 par le Conseil des gouverneurs (INFCIRC/540). Il favorise le passage du système de contrôle ancien, très quantitatif, à un système de contrôle beaucoup plus qualitatif qui permet l'accès à une connaissance globale de l'activité nucléaire d'un pays, y compris celles menées en coopération, avec les moyens de vérifier l'exactitude et la cohérence des informations et des programmes.

La procédure de ratification par la France est en cours dans le cadre d'une action européenne concertée, mais le peu d'empressement du reste de la communauté internationale limite pour l'instant les bénéfices que l'on est en droit d'attendre de ce système de vérification renforcée.

Arsenaux nucléaires : une situation contrastée

La littérature ouverte apparaît comme le moyen le plus commode pour aborder la délicate question des arsenaux ; n'est-ce pas finalement sur ces estimations que la communauté internationale fonde ses appréciations ?

Les arsenaux des Etats dotés sont globalement en forte diminution

Au cours de la folle période de course effrénée aux armements que se sont livrés les Etats-Unis et l'Union soviétique, environ 120 000 armes nucléaires ont été fabriquées. A la fin de la guerre froide, la composition (tous types d'armes confondus) des arsenaux des cinq Etats dotés était la suivante : Etats-Unis (26 000), Union soviétique (30 000), Chine (400), France (500), Royaume-Uni (300).

Au cours de la précédente décennie, l'apaisement du contexte international a autorisé des réductions drastiques opérées dans le cadre de d'initiatives unilatérales ou

multilatérales. Il est communément admis que la taille des arsenaux serait actuellement voisine de : Etats-Unis (8 000), Union soviétique (10 000), Chine (400), France (300), Royaume-Uni (200).

Le désarmement bilatéral Etats-Unis / Russie

De longue date, les Russes et les Américains acceptent de procéder à des limitations mutuelles de leurs arsenaux par voie de conventions et de traités. Pour s'en convaincre, il suffit de se remémorer les traités SALT I et II, conclus respectivement en 1972 et 1979, qui limitaient déjà en nombre et en caractéristiques les armes stratégiques offensives. La crise des euromissiles a abouti en 1987 au traité de Washington sur l'élimination des missiles sol-sol à portée intermédiaire et à courte portée. Citons également les traités START I et II, tous les deux en vigueur depuis la récente ratification par la *Douma*, et qui limitent le nombre d'armes nucléaires stratégiques à 3 000 et 3 500 à l'horizon 2007. Enfin, la déclaration conjointe sur les paramètres des réductions futures des forces nucléaires prononcée à l'issue du sommet d'Helsinki en 1997 définit l'agenda qui pourrait conduire à START III (2 000 têtes, peut-être moins) avec l'inévitable question qui s'y attache : l'association des puissances tierces dans le processus.

Deux événements majeurs méritent également l'attention. Il s'agit, d'une part, de la démilitarisation nucléaire réussie des républiques de l'ancienne Union soviétique (Biélorussie, Kazakhstan, Ukraine) et, d'autre part, du sommet de Moscou de 1996 consacré à la sécurité nucléaire, sommet co-présidé par la France et la Russie. C'est au cours de ce sommet, en effet, qu'il sera décidé de prolonger les engagements contractés par les deux grands dans le domaine du désarmement sur le terrain des matières nucléaires militaires elles-mêmes, introduisant par ce biais une notion essentielle qui faisait défaut

antérieurement, celle de l'irréversibilité. Les Etats dotés disposant de matières nucléaires militaires en excès par rapport à leurs besoins de défense ont été invités à les déclarer et à les mettre sous contrôle, amenuisant ainsi les deux principales critiques souvent formulées à l'égard des traités START, à savoir :

- la capacité des deux pays signataires à disposer, de manière non limitative, de têtes nucléaires stratégiques en réserve pour servir de rechange ;
- la non-prise en compte des armes nucléaires tactiques.

Ces recommandations ont abouti à la fin de l'année 2000, à la conclusion d'un accord entre les Etats-Unis et la Russie dans lequel ces deux Etats ont déclaré disposer chacun de 34 tonnes de plutonium en excès par rapport à leurs besoins de défense et se sont engagés à accepter le contrôle de l'AIEA sur ces matières, puis de les rendre impropres à une utilisation explosive par vitrification ou par transformation en combustibles pour centrales nucléaires. A raison d'une consommation de 2 tonnes par an et un début d'irradiation en 2010, le programme pourrait s'achever entre 2020 et 2030. Les stocks résiduels sont estimés à 70 tonnes aux Etats-Unis et à 120 tonnes en Russie.

La France, sous couvert du programme AIDA (Aide au Démantèlement des Armes Nucléaires Russes), a participé à hauteur d'environ 400 MF au démantèlement et au stockage des armes nucléaires russes et a admis le principe d'une reconduction de ses efforts, dans le cadre d'un programme civil, pour valoriser sur le plan énergétique le plutonium russe déclaré en excès, sous réserve que la communauté internationale se mobilise pour financer les 14 GF du devis initial.

Chine, Royaume-Uni et France

La fin des crispations internationales matérialisées par la chute du mur de Berlin, en 1989, a également permis à la France de

réduire très significativement sa posture nucléaire et de décider unilatéralement la suppression de la composante sol-sol de sa force de dissuasion (fermeture du plateau d'Albion). Fidèle à sa politique de stricte suffisance, la France ne dispose pas de matières fissiles en excès.

Pour ce qui concerne le Royaume-Uni, dont chacun sait que la politique nucléaire n'est pas indépendante de celle des Etats-Unis, il ne dispose plus que d'une composante sous-marine dimensionnée au plus juste face au critère de la permanence à la mer d'au moins un bâtiment. Les Britanniques ont déclaré disposer de 300 kg de plutonium en excès de leur besoin de défense.

L'arsenal stratégique de la Chine est principalement basé sur une composante sol-sol mobile. Sa force océanique est encore balbutiante (1 SNLE à l'opérabilité douteuse). Contrairement aux autres Etats dotés, ce pays est clairement dans une phase de modernisation et d'augmentation de son arsenal.

Globalement, les arsenaux nucléaires détenus par les cinq Etats dotés ont donc considérablement diminué, en particulier au cours de la dernière décennie. En cela, les puissances nucléaires reconnues respectent leurs engagements au titre du troisième volet de la déclaration de 1995 relatif au désarmement nucléaire et au titre de l'article VI du TNP.

Les arsenaux des Etats dits "du seuil"

Contrairement aux idées souvent répandues, la constitution des arsenaux d'Israël (une centaine d'armes), de l'Inde (quelques dizaines d'armes) et du Pakistan (d'une dizaine à quelques dizaines d'armes) ne s'est pas faite en violation de leurs engagements internationaux. Il est regrettable, mais c'est un fait, que ces trois pays n'aient pas adhéré au traité de non-prolifération. A ce titre, ils ne disposent pas de la qualité d'Etat doté reconnue par le reste de la communauté internationale, même après les essais nucléaires indiens et pakistanaïes en 1998 (Israël n'a jamais reconnu

officiellement avoir procédé à un essai nucléaire) qui avaient aussi pour but la transcription de cette réalité dans le droit, mais ils conservent la liberté de développer leur industrie nucléaire et de fabriquer des armes nucléaires sans le concours, naturellement, des autres Etats parties au TNP, dotés ou pas. Il est communément admis que les Etats du seuil ne disposent pas actuellement de la maîtrise du concept thermonucléaire, mais les arsenaux de ces trois pays vont continuer à croître en qualité et en quantité dans les prochaines années et il ne serait pas surprenant d'assister à de nouveaux essais nucléaires. Notons enfin, que contrairement aux Etats dotés, ces pays ne sont assujettis à aucune obligation morale ou juridique en matière de désarmement nucléaire et de désarmement général et complet ainsi qu'en matière de contrôles internationaux (une discrimination négative est parfois évoquée).

Un contexte géostratégique à nouveau instable

Les années 90, une décennie propice aux avancées

Au-delà des nombreux succès déjà évoqués – prorogation indéfinie du TNP en 1995, TICE en 1996, diminution des arsenaux... –, le constat le plus éloquent des années 90 ne reste-t-il pas le renoncement, de gré ou de force et pour des raisons diverses, par pas moins de huit pays au développement d'un programme nucléaire militaire ?

Il s'agit d'abord de l'Afrique du Sud, qui, de son propre chef, décide de démanteler, entre janvier 1990 et juillet 1991, la totalité de son arsenal nucléaire constitué de 7 engins rustiques à fission. L'adhésion, la même année, de ce pays au TNP et la conclusion d'un accord de garanties généralisées avec l'AIEA donnent à cette décision un caractère irréversible. Il s'agit également de l'Argentine et du Brésil, qui sans être parvenus à un stade aussi avancé que l'Afrique du Sud, entrete-

naient de longue date un programme nucléaire militaire auquel ils ont définitivement renoncé en adhérant au TNP, respectivement en 1995 et en 1998. Il s'agit encore de la dénucléarisation militaire, déjà évoquée, des trois anciennes républiques de l'Union soviétique.

Il s'agit enfin du démantèlement du programme nucléaire irakien et de la mise sous contrôle des activités nucléaires de la Corée du Nord. Ces deux exemples sont révélateurs car, certes découvertes par des concours de circonstances particulières, les intentions des tricheurs (l'Irak et la Corée du Nord, faut-il le rappeler, sont parties au TNP) n'ont pas résisté au droit et à la volonté internationale. Ils sont en outre à l'origine du programme de renforcement des garanties de l'AIEA qui compliquera davantage la tâche des pays candidats à un programme clandestin.

Le début du troisième millénaire s'annonce trouble et incertain

Les premières manifestations conséquentes de la fin de l'embellie remontent à 1999, lorsque le Sénat des Etats-Unis stoppe net la dynamique créée par la négociation du traité d'interdiction complète des essais nucléaires en refusant de ratifier le traité. Il reporte de ce fait *sine die* l'entrée en vigueur du traité dont la perspective était déjà bien sombre, puisqu'elle nécessite également la signature et la ratification des trois pays du seuil.

Mais c'est une autre initiative d'envergure, inscrite également au passif des Etats-Unis, qui va rompre définitivement le climat de confiance ; il s'agit, bien entendu, des projets de défense antimissile. L'option choisie par les Américains est clairement celle de l'irrésistible tentation à la suprématie au détriment de la stabilité, avec des conséquences déjà non négligeables.


La première illustration est donnée par le blocage de la conférence du désarmement à Genève où le lancement de la négociation

sur le *cut-off* devient l'otage d'un agenda fourre-tout hors d'atteinte dans lequel la question de l'espace extra-atmosphérique tient toute sa place. A plus long terme, c'est tout le dispositif russe en matière de non-prolifération et de désarmement qui pourrait s'écrouler avec des conséquences, par ricochet, difficilement imaginables. N'oublions pas que la ratification de START II par la Russie est expressément conditionnée au maintien du traité ABM de 1972 dont chacun reconnaît aujourd'hui la caducité dans le contexte de l'initiative américaine. Les réactions chinoises sont également extrêmement virulentes et déterminées ; la Chine se réserve le droit de prendre toutes les mesures nécessaires pour adapter ses forces nucléaires à la nouvelle donne qui lui est imposée. Cela passe par l'extension et la modernisation de leur arsenal avec une menace à peine voilée de reprendre les expérimentations nucléaires en cas de nécessité.

Parmi les inquiétudes sur l'avenir, citons encore le peu d'empressement de la communauté internationale à ratifier le programme de renforcement des garanties et les soupçons qui pèsent ou continuent à peser sur l'Iran, l'Algérie, l'Irak et la Corée du Nord. N'oublions pas également que le Japon, dont les compétences scientifiques et les installations nucléaires sont de tout premier plan, pourrait un jour invoquer la menace dans ses intérêts suprêmes par ses voisins nucléaires (Chine, Inde, Pakistan) et proliférant (Corée du Nord) et se retirer du TNP en vertu de son Article X ; nul doute que le passage à la fabrication d'une arme rustique serait rapide.

L'efficacité et la remarquable capacité d'adaptation des mesures adoptées par la communauté internationale en matière de lutte contre la prolifération nucléaire ne sont plus à démontrer mais une

extrême vigilance reste de mise en particulier à l'égard des pays précédemment identifiés. La situation sur le terrain du désarmement est beaucoup plus contrastée et il apparaît que le temps de l'apaisement et des avancées est clairement révolu. Les récentes initiatives américaines sont à l'origine de crispations profondes concrétisées notamment par la signature, le 16 juillet dernier, d'un traité d'amitié et de coopération entre la Russie et la Chine par lequel ces pays s'engagent à se concerter si l'un des deux pays est l'objet de pression ou d'agression de la part d'une autre puissance. Le précédent accord de ce type entre Moscou et Pékin avait été paraphé par Brejnev et Mao, au plus fort de la guerre froide... La remise en cause du trait ABM est considéré par ces deux pays comme une rupture de la stabilité stratégique qui entraînera l'effondrement de l'architecture, patiemment construite, du système de non-prolifération et de désarmement.

Pour sa part, la France maintient le cap d'une dissuasion strictement suffisante et a choisi le terrain de l'exemplarité dans le domaine de la non-prolifération et du désarmement : fermeture définitive et démantèlement de son centre d'expérimentations nucléaires, fermeture définitive et démantèlement de ses moyens de production de matières fissiles pour les armes nucléaires, abandon de la composante sol-sol, signature et ratification sans réserve du TICE, ratification des protocoles associés aux zones exemptes d'armes nucléaires, ratification prochaine du programme de renforcement des garanties de l'AIEA... Pour l'heure, les disciples ne sont pas nombreux... 

La dissuasion nucléaire : pour quoi faire ?

par Paul-Ivan de SAINT GERMAIN, ingénieur général de l'armement
Ancien directeur de la Fondation pour la Recherche Stratégique

With the end of the cold war, the role of the nuclear weapon has been called into question. While this weapon still exists, and its power remains unequalled, the geopolitical context within which it has "operated" for over half a century in support of interests that once we saw as vital has vanished. On the other hand new dangers have tended to surface, mainly associated with proliferation; this has encouraged a general climate of defiance towards nuclear weapons that are viewed as somehow less legitimate. In this new situation, some doctrinal markers are emerging: the nuclear weapon is neither a battlefield nor an anti-city weapon; it represents an insurance against any significant threat; it encourages restraint in crisis management; it bestows freedom of action on the world scene. There is a need to retain a nuclear posture and to have an unambiguous policy for the resources allocated to it.

La fin de la guerre froide conduit à se poser la question du rôle de l'arme nucléaire. Si cette arme existe toujours, si sa puissance reste sans équivalent, le contexte géopolitique dans lequel elle a "fonctionné" pendant un demi-siècle au profit d'intérêts que nous considérons comme vitaux a disparu. En revanche, d'autres risques tendent à se manifester, liés en particulier à la prolifération, ce qui alimente par ailleurs un climat général de défiance par rapport à un nucléaire perçu comme moins légitime. Dans ce nouveau contexte, certains repères doctrinaux apparaissent : l'arme nucléaire n'est ni une arme de bataille ni une arme anti-cités ; elle constitue une assurance contre tout risque majeur ; elle incite à la tempérance dans la gestion des crises ; elle donne une liberté d'action sur la scène mondiale. Il est nécessaire de conserver une posture nucléaire et d'avoir une claire stratégie des moyens qui y sont affectés.

La dissuasion nucléaire a-t-elle un avenir ? Cette question peut paraître incongrue pour tous ceux, opérationnels ou ingénieurs, qui conçoivent et mettent en œuvre nos SNLE, nos missiles balistiques ou nos têtes nucléaires : nos forces de dissuasion restent en effet à un haut niveau de qualité et d'efficacité, et les récents développements intervenus ou en cours sur ces matériels donnent la garantie d'une pérennité d'assez longue durée. Mais la question qui se pose n'est pas avant tout de nature opérationnelle ou technique : elle ne touche pas au "comment", mais bien au "pourquoi" de la dissuasion, à sa justification, au besoin auquel elle aurait à répondre demain, dans un contexte qui a significativement changé depuis la fin de la guerre froide.

Le nouveau contexte

La dissuasion nucléaire était en effet parfaitement adaptée à la situation de guerre froide : l'ensemble des doctrines et des moyens mis au point par les principales puissances a permis, pendant un demi-siècle, de maintenir la stabilité sur l'axe est-ouest dans un contexte qui était pourtant tendu et dangereux. Mais la guerre froide est – heureusement – terminée, et nous entrons dans une période nouvelle de

notre histoire. Comment caractériser celle-ci ? On retiendra plus particulièrement ici quatre traits principaux – deux d'ordre géopolitique, deux d'ordre socio-politique.

Le principal trait géopolitique est, précisément, la *fin de la guerre froide*. Comme l'a remarqué Lucien Poirier, dès 1994, dans « *La crise des fondements* » ⁽¹⁾, la guerre froide était une situation où le concept de dissuasion nucléaire trouvait concrètement à s'appliquer ; la guerre froide disparue, le concept demeure théoriquement, intellectuellement, mais il semble *a priori* ne plus s'appliquer à rien. Il n'y a plus en effet pour nous d'« ennemi » à dissuader, d'où une sorte d'écartèlement entre l'existence d'armes (qui sont évidemment toujours là, même si leur nombre a diminué) et l'absence d'ennemi. A quoi servent donc ces armes ? La question s'impose d'emblée à la réflexion, et elle pourrait vite se transformer en doute, voire en une nouvelle certitude : les armes nucléaires n'auraient plus de réelle utilité.

Cependant, comme le note encore Lucien Poirier, est-il possible d'« évacuer » le fait nucléaire au motif qu'a disparu l'une des raisons l'ayant justifié ? N'y a-t-il pas d'autres risques pouvant se présenter à l'avenir, auxquels pourrait répondre ce nucléaire ? Et d'abord la réapparition d'un ennemi ? On sait que l'un des arguments aujourd'hui invoqués pour justifier la maintien de la dissuasion nucléaire française est précisément de se prémunir contre le risque de réapparition de la « menace majeure »... Il n'en demeure pas moins qu'une telle perspective n'est guère plausible pour le court ou le moyen terme et que, dans l'immédiat, notre dissuasion « du faible au fort » ne trouve plus, en face d'elle, de fort à dissuader.

Deuxième caractéristique d'ordre géopolitique : l'existence d'une certaine *prolifération nucléaire*, récemment illustrée par les essais indiens et pakistanais, ainsi que par les efforts irakiens pour se doter de la capacité nucléaire. On ne peut évidemment exclure que d'autres

pays, en particulier au Moyen-Orient, ne soient tentés de suivre la même voie. L'accès au nucléaire est en effet un moyen d'affirmer son existence nationale, comme l'a montré la joie populaire après les essais pakistanais ; c'est un moyen de se garantir vis-à-vis de ses voisins (le Pakistan vis-à-vis de l'Inde, et l'Inde vis-à-vis de la Chine) ; ce peut être un moyen, selon la logique que nous connaissons bien du faible vers le fort, de se « sanctuariser », de se prémunir de l'ingérence de grandes puissances – et l'on peut tout à fait estimer que, si l'Irak avait possédé l'arme nucléaire, la guerre du Golfe n'aurait sans doute pas eu lieu, ou aurait à tout le moins pris une forme très différente.

Face à cette prolifération et à ses risques d'extension, il est clair que les grandes puissances ne peuvent que difficilement imaginer de renoncer à ce moyen et de laisser les proliférateurs posséder seuls une arme aussi redoutable. On retrouve donc, d'une certaine façon, l'argument invoqué devant l'IHEDN, en 1995, par Alain Juppé, Premier ministre : « *Il faut que nous en ayons puisque les autres en ont* » ; mais « les autres » dont il est question ici ne sont plus les Russes ou les Américains, avec qui nous ne sommes pas ou plus en opposition, mais les pays proliférateurs dont les intérêts pourraient, le cas échéant, se heurter aux nôtres.

Le nouveau contexte se caractérise également, en termes que l'on pourrait qualifier de socio-politiques, par un ensemble d'*attitudes de défiance par rapport au nucléaire*. On veut faire ici d'abord référence aux efforts internationaux de contrôle du nucléaire, et plus spécifiquement à tous les traités et accords visant au désarmement nucléaire : accords START russo-américains de diminution des arsenaux, traité d'interdiction des essais nucléaires..., et surtout le traité de non prolifération (TNP) dont l'article 6 prévoit que « *chacune des Parties au Traité s'engage à poursuivre de bonne foi des négociations sur des mesures efficaces relatives [...]* »

⁽¹⁾ *La crise des fondements*, Economica, 1994.

au désarmement nucléaire », engagement que les Etats non nucléaires ne manquent pas de rappeler périodiquement aux Etats nucléaires. Mais il y a aussi toutes les mesures prises unilatéralement par tel ou tel pays pour réduire son parc nucléaire militaire ; c'est ainsi que, en quelques années, la France a démantelé les installations d'Albion, renoncé au missile Hadès, fermé les sites de production de Pierrelatte et de Marcoule, fermé le site d'essais du Pacifique.

Cela intervient dans un environnement où le nucléaire est perçu comme inutile, dangereux, voire illégitime, en particulier, comme on le sait, chez bon nombre de nos partenaires européens. La contestation n'épargne pas les Etats-Unis, où plusieurs anciens hauts responsables militaires se sont ralliés au groupe de Canberra, créé en 1995, pour militer contre le nucléaire. Plus généralement, les Etats-Unis mènent des politiques visant à diminuer partout l'importance du nucléaire ; cela est illustré par leurs efforts pour réduire les forces nucléaires russes comme, d'ailleurs, celles des autres pays, qui leur apparaissent comme constituant autant de limitations potentielles à leur désir d'influence. Pour eux mêmes, ils s'attachent à moins dépendre du nucléaire : surpuissants dans tous les domaines, ils en ont de moins en moins besoin ; en outre, la défense antimissile (NMD, ou plutôt MD selon la nouvelle terminologie), à laquelle souscrivent la plupart des Américains, leur apparaît comme un heureux substitut à la "destruction mutuelle assurée", et en tout cas comme rendant moins nécessaire le recours à la dissuasion nucléaire. Ce qui contribue à "délégitimer" cette dernière.

Le deuxième aspect d'ordre socio-politique est relatif à la *notion d'intérêt*. Pour nous, Français, le nucléaire était en effet dédié à nous prémunir d'une "menace majeure" contre nos "intérêts vitaux". Il faut observer que ces deux expressions sont intimement liées : des intérêts sont considérés comme vitaux si, et seulement si, il y a en face un projet agressif majeur

et global contre l'ensemble de la société. Face à ce projet, il nous fallait protéger nos intérêts, que l'on qualifiait avec raison de vitaux, mais qui apparaissaient en quelque sorte en négatif : il s'agissait d'adopter une attitude réactive face à un "autre" qui était censé posséder l'initiative. S'il n'y a plus de grand projet idéologique adverse, nos intérêts n'en disparaissent pas pour autant ; mais c'est alors d'une manière positive et proactive qu'il faut les définir : il s'agira d'améliorer notre compétitivité économique, de promouvoir nos valeurs culturelles, d'accéder à une plus grande liberté d'action sur la scène mondiale, en un mot de donner à la nation les moyens de se développer et de s'épanouir. C'est en tenant compte de cette formulation dorénavant positive de nos intérêts qu'il faut se poser la question du rôle éventuel du nucléaire.

Face à ces changements radicaux du contexte dans lequel il nous faut réfléchir au nucléaire, y a-t-il cependant *des données qui demeurent* ? La principale est évidemment celle de la puissance de l'arme nucléaire : celle-ci est intacte, et rien, dans ce que nous promet la science, ne semble pouvoir la supplanter avant très longtemps.

Cette puissance terrifiante de l'arme nucléaire a une conséquence importante : elle interdit en effet qu'on puisse imaginer de l'affecter à autre chose – et cela peut, en première analyse, apparaître en contradiction avec ce qui vient d'être dit – que du réellement vital, et donc à autre chose que des stratégies de protection, des stratégies négatives. Ce qui signifie, *a contrario*, que le recours au nucléaire dans le cadre de stratégies positives (rétablissement de l'ordre, conquête, recherche de victoire militaire) est exclu. Ce point, qui a parfois été contesté, est néanmoins fondamental, et il a de surcroît toutes chances d'être pérenne.

Sans doute peut-on se demander jusqu'où va le "vital" et ce que recouvre exactement cette notion. On se rappelle que, au cours de la guerre du Golfe, le Président Mitterrand avait, légitimement (et en dépit de multiples

critiques), exclu le recours au nucléaire dans la mesure où le pays n'était pas en danger. Ce qui n'avait pas empêché les Américains de faire savoir qu'ils pourraient y recourir en cas d'attaque chimique irakienne contre leurs forces, une telle attaque pouvant à leurs yeux être considérée comme majeure. Attitudes apparemment différentes, mais qui se rejoignent en ce sens qu'elles affectent l'une et l'autre le nucléaire à la défense (donc à une stratégie négative), – et à la défense de quelque chose de vital, avec une interprétation du vital qui, cela doit être considéré comme normal, ne fut pas la même des deux côtés de l'Atlantique.

Les doctrines

Sur le socle qui vient d'être rappelé, quels rôles peut-on imaginer pour le nucléaire ? Quelles doctrines ? A cet égard, il faut souligner l'importance du discours prononcé par le Président Chirac à l'IHEDN le 8 juin dernier, discours qui comportait un large développement consacré au nucléaire. Ce discours est important à double titre : d'abord parce qu'il est prononcé par celui qui est responsable de l'« emploi » du nucléaire, et que ce qu'il en dit compte évidemment infiniment plus que les réflexions d'experts, quelle que soit leur qualité. Mais aussi parce que, on va le voir, ce qu'a indiqué Jacques Chirac prend très largement en compte les nouvelles données soulignées ci-dessus : c'est un discours qui n'est pas le fruit d'une intuition, mais sans aucun doute d'une solide réflexion sur le rôle du nucléaire dans le contexte de l'après-guerre froide.

On retiendra ici six éléments doctrinaux ⁽²⁾.

Premièrement, *l'arme nucléaire n'est pas une arme de bataille* ; elle ne saurait être une arme de coercition pouvant être utilisée dans des stratégies à buts positifs (par exemple, remporter une victoire). Il s'agit d'un point constant : la France « a toujours refusé que l'arme nucléaire

puisse être considérée comme une arme de bataille employée dans une stratégie militaire », et cela en dépit des fréquentes pressions de certains milieux militaires ou industriels. « *Par essence, l'arme nucléaire est une arme différente* ». Jacques Chirac aurait sans doute pris la même attitude que François Mitterrand s'il avait été au pouvoir au moment de la guerre du Golfe. L'arme nucléaire reste donc un objet politique, dans les mains exclusives du pouvoir politique.

Deuxièmement, dans un monde incertain, où des menaces majeures peuvent toujours réapparaître, soit selon l'axe est-ouest, soit en provenance de pays qui auraient proliféré, le nucléaire constitue une forme de précaution, d'assurance contre ces menaces. La principale différence avec l'assurance traditionnelle, contre l'incendie ou contre le vol, étant toutefois que dans le cas du nucléaire il s'agit d'éviter la menace, et pas seulement de se faire rembourser ou d'obtenir réparation après que le délit ait eu lieu : c'est une assurance qui agit selon le mode dissuasif, ce qui lui confère une qualité particulière que n'ont pas les assurances auxquelles on souscrit dans la vie quotidienne. Il en résulte que « *notre dissuasion garantit... que la survie de la France ne sera jamais mise en cause par une puissance militaire majeure animée d'intentions hostiles* ». De plus « *la dissuasion doit également nous permettre de faire face aux menaces que pourraient faire peser sur nos intérêts vitaux des puissances régionales dotées d'armes de destruction massive* ». Double assurance, qui peut également bénéficier à nos voisins européens dans la mesure où l'appréciation de nos intérêts vitaux « *tiendrait compte naturellement de la solidarité croissante des pays de l'Union européenne* ».

Il faut noter la différence de formulation du discours présidentiel selon qu'il traite de la menace d'une puissance militaire majeure ou de celle d'une puissance régionale : dans le deuxième cas, on ne prend en compte que le

⁽²⁾ Les citations en italiques sont extraites du discours du Président Chirac.

risque lié à des armes de destruction massive, alors que, face à une puissance militaire majeure, la dissuasion s'exerce, conformément à la doctrine de toujours de la France, contre tout type de menace, y compris classique. Sans le dire explicitement, Jacques Chirac maintient donc le principe de "l'emploi en premier" du nucléaire.

Troisièmement, l'une des "vertus" de l'arme nucléaire est de contraindre l'homme à maîtriser ses pulsions guerrières primitives et, plus précisément, d'obliger les gouvernants à faire preuve de sagesse et de prudence dans la gestion des crises. C'est ce que François Géré, dans « *Demain, l'ombre portée de l'arme nucléaire...* »⁽³⁾, appelle le *principe de tempérance* ; selon lui, l'existence des armes nucléaires conduit à des modifications substantielles du comportement politico-stratégique des principaux Etats, et la manière dont Inde et Pakistan gèrent actuellement leur conflit au Cachemire semble lui donner raison. Dans le même ouvrage, Charles George Fricaud Chagnaud explicitait cette idée en observant que toute crise, toute guerre a une tendance naturelle à monter aux extrêmes ; la crainte qu'un tel "extrême" puisse être de nature nucléaire ne peut qu'inhiber la volonté des décideurs de recourir à la force armée et d'encourir le risque de dérapages incontrôlés ; à tout le moins elle ne peut que les inciter à contrôler toute escalade de la violence dès l'origine. C'est un mécanisme de ce type que le Président de la République a probablement en tête lorsque il affirme que : « *imposant la retenue, incitant à la raison, la menace nucléaire crédible commande la paix* ».

Ce principe de tempérance s'applique dès aujourd'hui en Europe, même en l'absence de

toute menace précise : même si la construction européenne se fait sur des bases politiques faites d'entente, de confiance et d'intérêts partagés, il n'en demeure pas moins que la présence sur le continent d'armes nucléaires demeure, *de facto*, un catalyseur de prudence et de sagesse dans la gestion d'éventuelles crises. Et donc un facteur de stabilité.

Quatrièmement, « *la dissuasion nucléaire est au cœur des moyens qui permettent à la France d'affirmer le principe d'autonomie stratégique* ». Cette autonomie est une condition à la promotion des intérêts "positifs" de la France et à sa liberté d'action sur la scène mondiale. Il pourrait s'agir d'autonomie par rapport à notre "grand allié" dans des situations du type "Suez", situations qu'on a cependant du mal à imaginer dès l'instant que, comme le rappelle François Géré dans « *La réserve et l'attente* »⁽⁴⁾, la France se rapproche de l'Alliance, qu'elle se veut le moteur de la construction européenne, et qu'elle n'est de toutes façons plus guère capable de mener des actions de grande ampleur autrement que dans le cadre de coalitions. Il s'agira donc plus souvent de la capacité dont nous voulons disposer à nous projeter, avec d'autres, sur des théâtres extérieurs, en particulier des théâtres où existeraient différents types d'armes de destruction massive, – et cela avec une certaine liberté d'esprit, sans redouter que notre territoire ou nos "intérêts vitaux" ne soient en retour menacés, sans que notre décision soit inhibée par l'idée d'un risque.

Précisons : dans une telle situation, le nucléaire ne saurait évidemment avoir le moindre rôle au sein des forces que nous aurions projetées ; mais il permettrait à ces forces d'intervenir sans crainte d'une réaction excessive sur le sol national. Le nucléaire « *est la meilleure garantie face aux menaces nées de la prolifération, quel qu'en soit le vecteur* », et ces menaces seraient particulièrement à redouter au cas où, par exemple pour rétablir une situation compromise par la violence, il nous faudrait nous rendre sur place.

⁽³⁾ *Demain, l'ombre portée de l'arme nucléaire...* ; l'arme nucléaire en question. Les Cahiers du CREST, ouvrage collectif, La Documentation Française, 1996.

⁽⁴⁾ *La réserve et l'attente ; l'avenir des armes nucléaires françaises*. Lucien Poirier et François Géré, Bibliothèque Stratégique, Economica, 2001.

Cinquièmement, la *question du "ciblage"* est en train d'évoluer. Traditionnellement, la dissuasion française était "anti-cités" ; en dépit des réserves qu'une telle stratégie entraînait de la part des opinions publiques et des autorités morales et religieuses, elle était reconnue comme la seule possible dans la situation du faible vers le fort ; son efficacité, c'est-à-dire le fait qu'elle interdisait la guerre, tenait précisément à son aspect apocalyptique. Du fait de la disparition de l' "ennemi" majeur (soviétique ou russe), viser ses villes n'a plus de signification. Quant aux menaces qui pourraient provenir de puissances régionales et qui s'exposeraient en cas d'intentions hostiles de leur part « *à des dommages absolument inacceptables pour eux* », notre choix, affirme Jacques Chirac, « *ne serait pas entre l'anéantissement complet... et l'inaction. Les dommages auxquels s'exposerait un éventuel agresseur s'exerceraient en priorité sur ses centres de pouvoir, politique, économique et militaire* ». Formulation parfaitement limpide : les villes et les populations ne sont plus des cibles !

Plus généralement, la notion même de cible est mise en question : s'agissant de la contribution du nucléaire au principe de tempérance, évoquée plus haut, cette notion de ciblage n'intervient plus : la tempérance, la prudence sont commandées par la simple présence et par l'existence des armes nucléaires, sans qu'il soit besoin de préciser une quelconque nature d'objectif à atteindre. Pour l'avenir, on peut estimer que l'insistance sera ainsi de plus en plus mise, non sur l'effet terminal précis du nucléaire, mais sur son existence, de la même manière que pour les armements classiques, chars ou avions, il n'est pas nécessaire de dire vers quoi on va les engager pour asseoir leur crédibilité.

Sixièmement, et en conséquence directe de ce qui vient d'être dit, la stratégie nucléaire sera dorénavant moins opérationnelle, c'est-à-dire s'attachant aux conditions et modalités de son "utilisation" (nombre et nature des

cibles, volume des forces en alerte, modalités pour les frappes en second...) ou énonçant des "scénarios" destinés à influencer la décision stratégique de l'adversaire, et de plus en plus une *stratégie de moyens* mettant surtout en évidence l'existence des moyens nucléaires, leurs caractéristiques (portée, puissance, taux de disponibilité...), l'effort consacré au maintien des savoir-faire, les précautions prises pour une éventuelle remontée en puissance... Au cœur de cette stratégie des moyens figure évidemment la volonté politique : le fait que le Président de la République ait une certaine idée de la manière dont, en termes politiques, il userait du nucléaire, et qu'il le dise publiquement, fait au plus haut point partie de l' "existant" qu'il faut afficher.

Ces éléments de doctrine ne constituent évidemment pas un ensemble aussi cohérent que ce qui existait du temps de la guerre froide (dissuasion du faible au fort, ultime avertissement, etc.). Si certains de ces éléments sont clairement explicités dans le discours du Président (rôle d'assurance du nucléaire, moyen permettant de préserver l'autonomie stratégique et d'assurer la liberté d'action extérieure), d'autres apparaissent de façon plus allusive (aptitude du nucléaire à encourager la tempérance). En réalité, dès l'instant qu'il n'y a plus d'ennemi identifiable, l'essentiel est de conserver une posture nucléaire grâce à la stratégie des moyens, de définir certains principes de base (l'arme nucléaire n'est pas une arme de bataille ; elle n'est plus une arme anti-cités...) et de rester intellectuellement flexible sur les circonstances pour lesquelles le nucléaire pourrait jouer un rôle.

Observons à nouveau que cette flexibilité n'est pas d'une nature différente de celle à laquelle, dorénavant, se plient les forces classiques. Elle est en effet la conséquence inévitable d'une situation géopolitique dorénavant plus ouverte et moins prévisible qu'autrefois.



Assurer la cohérence dans un système de forces, le cas de la Dissuasion

par Jean DEVEAUX, ingénieur général de l'armement
Service d'architecture des systèmes de forces - Direction des systèmes de forces et de la prospective

If we are to reduce defence programme costs we must seek coherence throughout the military machine. One sub-assembly of this machine, the deterrent force system, has several advantages in this respect:

- an organisation developed around the budgetary aggregation of all deterrent-related capital expenditure (in the accountability sense of the term) along with overall programme managers,*
- a limited number of engagement scenarios to be considered which facilitates the systematic use of operational analysis simulations,*
- the need to generate the majority of its resources at a national level which eases the task of preserving this coherence.*

La réduction des coûts des programmes d'armement passe par la recherche de la cohérence de l'ensemble de l'outil militaire. Le système de forces dissuasion, sous-ensemble de cet outil militaire, dispose pour ce faire de plusieurs atouts :

- une organisation structurée autour d'un agrégat financier de toutes les dépenses d'investissement (au sens budgétaire du terme) spécifiques et de directeurs de programmes d'ensemble ;
- un nombre raisonnable de scénarios d'engagement à envisager qui lui facilite l'usage systématique de simulations technico-opérationnelles ;
- la nécessité de réaliser en national l'essentiel de ses moyens qui facilite la maîtrise de cette cohérence.

Cohérence et système de forces

Dans sa recherche de réduction des coûts des programmes d'armement, la réorganisation de la Délégation générale pour l'armement en 1997 a mis en avant la recherche de la cohérence avec deux grands axes :

- d'abord, et pour reprendre les termes du document de 1997 présentant la réforme, il s'agissait de « renforcer la cohérence de nos systèmes de défense en insérant la préparation des travaux de recherche dans une vue prospective partagée entre la DGA et les états-majors » ;
- ensuite, de s'assurer que les divers programmes ne perdaient pas cette cohérence au cours des divers stades de leur vie (préparation, conception, réalisation et utilisation).

En effet, assurer la cohérence d'une entité consiste à garantir que les objectifs fixés à cette entité sont obtenus au coût le plus faible, les objectifs pouvant être de natures très diverses et les performances proprement dites n'en étant qu'un aspect.

Au premier degré, cela consiste à vérifier qu'il n'existe ni surcoût dû à des doublons inutiles ni points faibles interdisant la tenue de certains objectifs malgré les efforts effectués par ailleurs. Au deuxième degré, cela consiste à s'assurer que chaque capacité est obtenue au meilleur coût.

Dans le cas de la Défense, cette cohérence doit être maintenue dans la durée. Il faut donc préparer l'avenir en anticipant :

- d'une part (plus ou moins faciles à prévoir), les disparitions de matériels, les démantèlements associés et l'évolution du besoin des états-majors ;
- d'autre part (plus difficile), l'apparition de technologies permettant des économies ou des gains de performances si le besoin s'en fait sentir ;
- enfin, l'appareil de Défense devant s'opposer à un adversaire qui, lui aussi, évolue et s'adapte, les évolutions des conflits en termes de contexte géopolitique, de performances de systèmes d'armes et de déploiement des forces.

La cohérence d'ensemble d'un outil militaire doit prendre en compte les aspects opérationnels, organiques et techniques. Cet article s'intéresse aux seuls aspects techniques, qui sont de la responsabilité de la DGA et intéressent les matériels d'armement et l'outil industriel associé. Pour que cette cohérence soit gérable, et compte tenu de la taille de l'outil militaire, il a été nécessaire de le diviser en grands ensembles. Ces grands ensembles devaient avoir des objectifs militaires clairement identifiés et dans la mesure du possible être indépendants en termes de moyens. Cela a conduit aux huit systèmes de forces qui, rappelons-le, sont :

- Dissuasion ;
- Commandement, conduite, communications, renseignement ;
- Mobilité stratégique et tactique ;
- Frappe dans la profondeur ;
- Maîtrise du milieu aéroterrestre ;

- Maîtrise du milieu aéronautique ;
- Maîtrise du milieu aérospatial ;
- Préparation et maintien de la capacité opérationnelle.

Si leurs objectifs militaires sont bien différenciés, ces systèmes de forces ne sont pas totalement indépendants. En effet, ils s'étayent mutuellement pour deux raisons :

- d'une part, ils peuvent intervenir simultanément sur un théâtre d'opérations et donc avoir un adversaire et un environnement identiques ;
- d'autre part, ils peuvent avoir des matériels en commun pour des raisons, cette fois-ci, de cohérence au niveau global, soit directement (comme l'illustre le cas du *Rafale* qui intervient dans les systèmes de forces Dissuasion, Frappe dans la profondeur, Maîtrise du milieu aérospatial et Maîtrise du milieu aéro-maritime), soit indirectement (comme le renseignement stratégique dont dépend la plupart des systèmes de forces).

La véritable cohérence se situe donc bien au niveau de l'ensemble des huit systèmes de forces, ce que certains appellent le "système des systèmes". Cette cohérence doit être validée sur les deux points cités précédemment, à savoir :

- la "cohérence de scénario", qui consiste à s'assurer que, dans leurs travaux, les responsables de la cohérence de chaque système de forces utilisent le même référentiel de menace et d'environnement lorsqu'ils envisagent des scénarios de même type (exemple : intervention du type guerre du Golfe) ;
- la "cohérence de moyens", qui consiste à s'assurer que le système de forces en charge d'un moyen donné (il a bien fallu nommer un système de forces pilote pour chaque système d'armes) intègre bien, dans les conditions les meilleures, les besoins des autres systèmes de forces qui utilisent ce moyen.

La cohérence se décline donc à plusieurs niveaux avec des responsables qui sont respectivement :

- pour le "système des systèmes", le collège des architectes de systèmes de forces appartenant à la DGA et des officiers de cohérence opérationnelle appartenant aux états-majors ;
- pour chaque système de forces, la petite entité constituée par l'architecte de système de forces, le ou les officiers de cohérence opérationnelle et les officiers correspondants d'état-major ;
- pour les systèmes d'armes, les directeurs et officiers de programme.

Un des garants de cette cohérence est le plan prospectif à trente ans, document à périodicité annuelle initialisé par la réforme de 1997. Ce plan définit les actions correctrices souhaitables sur les systèmes d'armes déjà lancés et les études à conduire pour les systèmes d'armes futurs de façon à maintenir cette cohérence dans le temps en prenant en compte les évolutions du besoin et de l'environnement.

Cas particulier du système de forces dissuasion

La suite du texte s'intéressera au cas particulier du système de forces dissuasion. Chacun des huit systèmes de forces a ses particularités. En ce qui concerne la problématique de la cohérence, les principales particularités du système de forces dissuasion peuvent se décrire avec les termes "ancienneté", "unicité de l'objectif militaire" et "autonomie nationale" que nous déclinons ci-dessous.

Ancienneté

La Dissuasion a toujours été pensée en tant que système de forces, même si avant 1996 l'expression n'était pas utilisée et qu'il n'existait pas formellement d'équivalent de l'archi-

tecte de système de forces. La partie la plus visible de cette approche globale était, et demeure l' "agrégat nucléaire" qui comprend tout ce qui concerne en direct le système de forces Dissuasion, à quelques nuances près (en effet cet agrégat inclut également une partie des dépenses de la propulsion nucléaire des sous-marins nucléaires d'attaque, qui n'en font pas partie, et du porte-avions *Charles-de-Gaulle*).

Cet agrégat nucléaire est mis au point dans une instance qui rassemble toutes les entités concernées du ministère, et en particulier les gestionnaires (DGA et CEA) et les gouverneurs de crédit (DGA, état-major des Armées et états-majors de la Marine et de l'armée de l'Air). Les lignes budgétaires examinées concernent le seul titre V et couvrent les divers aspects intéressant un système de forces : les programmes, bien sûr, mais aussi l'ensemble des études spécifiques (études amont Défense et CEA, études technico-opérationnelles, programme de simulation des armes nucléaires...), les investissements au sens restreint du terme, le maintien en condition opérationnelle des divers systèmes d'armes et les approvisionnements de combustibles nucléaires.

C'est le seul agrégat de ce type existant à l'heure actuelle. Définir des agrégats analogues pour les autres systèmes de forces serait peut-être intéressant, mais représenterait un travail de longue haleine car il faudrait trouver des clefs de répartition des dépenses qui aient une signification acceptable par les parties. Or, de nombreux postes budgétaires sont plus ou moins partagés par plusieurs systèmes de forces, non seulement ceux concernant le développement et la réalisation des systèmes d'armes, mais aussi les dépenses de maintien en condition opérationnelle (un poste très lourd) ou les études amont. Une première approche a été tentée récemment, mais le résultat en est éminemment discutable car il ne permet pas de faire de comparaisons sur les efforts financiers

consentis par système de forces. En effet, cette démarche a mis toutes les dépenses de maintien en condition opérationnelle, en dehors de celles de la dissuasion, dans le système de forces chargé de la préparation et du maintien de la capacité opérationnelle, et a rejeté les études amont (hors espace et dissuasion) hors du champ de comparaison des systèmes de forces.

A côté de l'agrégat nucléaire et de l'organisation associée, il existait (et existe toujours) des structures spécifiques pour les fonctions transverses au système de forces comme les transports ou l'efficacité. En outre, il est le seul système de forces qui ait des directeurs de programme d'ensemble. En effet, une coordination de l'ensemble des systèmes d'armes intéressant la Force océanique stratégique (FOST) est assurée par le DPE Cœlacanthe, qui fait partie du Service des programmes navals ; de même, la coordination correspondante pour la composante aéroportée est assurée par le DPE HORUS qui fait partie du Service des programmes nucléaires. Ces deux directions de programme d'ensemble jouent un rôle fondamental dans la démonstration des objectifs de sûreté nucléaire. Pour être complet, il faut leur adjoindre la direction de programme d'ensemble des transmissions nucléaires.

Unicité de l'objectif militaire

Cet objectif nucléaire peut se résumer à la crédibilité de la menace que fait peser ce système de forces sur tout adversaire qui voudrait s'attaquer aux intérêts vitaux de la France.

Si, comme le Président de la République l'a rappelé le 8 juin 2001 devant les auditeurs de l'IHEDN, il existe une certaine variété dans les scénarios géopolitiques que doit envisager le système de forces dissuasion, leur nombre est nettement plus faible que ceux que doivent prendre en compte les autres systèmes de forces. En effet, les

situations dans lesquelles la dissuasion nucléaire devrait intervenir intéressent le haut du spectre des conflits potentiels, à savoir les cas de crise grave face à un adversaire capable de menacer nos intérêts vitaux avec ses armes de destruction massive ou conventionnelles.

Ce faible nombre de scénarios géopolitiques a facilité l'emploi de simulations pour optimiser les éléments clefs des systèmes d'armes envisagés, optimisation rendue dès l'origine nécessaire par le coût de ces derniers, dû pour l'essentiel à la difficulté technique que représente la réalisation d'un tel système de forces avec les performances souhaitées. En effet, ce système de forces doit pouvoir intervenir, c'est-à-dire rester une menace crédible, quel que soit l'adversaire, et en particulier dans des situations de "faible au fort", sans dépendre de ses alliés et dans des circonstances où l'appareil de défense peut avoir été mis à mal. Il faut donc que, dans des situations extrêmes, les principales capacités opérationnelles (la capacité d'atteindre l'adversaire avec le nombre d'armes nécessaires et la précision voulue) restent garanties et que ce dernier en soit convaincu. Cela nécessite une optimisation de tous les aspects intervenant dans ces performances (fiabilité, survie des porteurs, pénétration des défenses par les avions et les missiles et précision) qui a conduit à l'usage de simulations technico-opérationnelles.

Celles-ci exigent que les scénarios géopolitiques mentionnés précédemment soient déclinés en scénarios plus détaillés, définissant la situation des forces en présence et les moyens de défense dont dispose l'adversaire. Si l'exercice est relativement facile dans le temps présent, le problème est autrement plus ardu lorsqu'il s'agit de préparer les programmes futurs. En effet, il s'agit de projeter dans le futur au-delà de dix ans, la fourchette classique pour la dissuasion est de 10-25 ans. Si la géographie ne se modifie guère et si les évolutions

démographiques sont facilement calculables à ces horizons, il n'en va pas de même pour les performances des systèmes d'armes (et parfois même leur nature). Or, la recherche de la cohérence n'aura de signification que si sont validées les hypothèses portant sur les capacités de l'adversaire dans les 10-25 prochaines années. Cette validation nécessite l'intervention de spécialistes du renseignement et des diverses technologies impliquées. La recherche de la cohérence se fait d'abord au niveau de chaque performance, mais certaines performances *a priori* disjointes peuvent avoir un couplage fort, et cette recherche devra analyser de près ces corrélations. Le cas de la performance de précision peut servir d'exemple pour illustrer ce point.

Cohérence entre performances de précision et de survie : suivant les systèmes envisagés, cette précision est (partiellement ou non) dépendante des capacités de survie des porteurs d'armes, en l'occurrence actuellement les SNLE et les avions d'armes, et des capacités de pénétration des armes. En effet, le moyen de base de la précision est, pour tous les systèmes d'armes nucléaires, le système inertiel car il n'est pas brouillable. Il a en revanche le fâcheux défaut de laisser dériver avec le temps la qualité de ses informations. En outre, la précision sur le but est fonction (entre autres) de la position des points de départ et d'arrivée. La parade classique est le recalage par d'autres moyens (radio-électriques, géodésiques, etc.) qui ont tous l'inconvénient d'introduire une vulnérabilité potentielle aux menées d'un adversaire. Il faut donc disposer d'un système inertiel ayant la performance voulue sans avoir besoin de recalage externe une fois en mission ou en patrouille, ou pouvoir le recalibrer sans compromettre la survie du porteur ou la capacité de pénétration du missile, ce qui conduit à un couplage direct avec les études correspondantes.

Autonomie nationale

Cette autonomie s'exprime à deux niveaux : celui de la conception et de la réalisation et celui de l'emploi.

Conception et réalisation

Les systèmes d'armes nucléaires ne sont pas en vente sur le marché et chaque nation disposant de telles armes a dû les réaliser en interne, à l'exception notable du Royaume-Uni qui dispose d'un système d'armes américain, le *Trident 2D5*, dont elle fait assurer également l'essentiel de la maintenance aux Etats-Unis.

Ceci impose à la France de disposer de la capacité de maîtrise d'œuvre de tels systèmes d'armes et de s'assurer de la disponibilité de tous les composants nécessaires pour les réaliser. Or, les composants principaux, non seulement les charges nucléaires mais également les chaufferies nucléaires, les sous-marins répondant au besoin, les vecteurs et certains équipements clefs, ne sont pas accessibles non plus sur le marché et donc doivent être construits en national.

Comme cela a été mentionné ci-dessus, cela entraîne (au niveau de la cohérence) d'identifier les équipements ou composants non disponibles sur le marché, conduire les études amont nécessaires, vérifier l'existence d'industriels français capables de les réaliser ou prendre les précautions adéquates s'il s'agit de multinationales ayant l'établissement correspondant en France et, enfin, s'assurer du maintien dans le temps des dites capacités.

Dans la vie des systèmes d'armes, le travail de cohérence commence donc au niveau des études amont. Celles du système de forces dissuasion sont traditionnellement séparées en deux grandes familles :

- les études amont, concernant les têtes et les chaufferies nucléaires, études amonts CEA ;
- celles concernant le reste des systèmes d'armes "études amont DGA intéressant le domaine nucléaire".

Actuellement, ce sont les premières qui sont privilégiées, et en particulier celles participant au programme de simulation destiné à compenser l'abandon des essais nucléaires pour le maintien de nos capacités. Ce programme fondamental, aux volets techniques et scientifiques ambitieux, repose sur des grands moyens d'essais dont le plus médiatique est le laser Méga-Joule.

Mais les chaufferies nucléaires ne sont pas non plus négligées dès lors que les dépenses en études amont correspondantes représentent plus du quart des dépenses consacrées aux "études amont DGA intéressant le domaine nucléaire". Cette situation, qui peut paraître surprenante, trouve sa justification, d'une part, dans la très récente entrée en phase de développement des programmes des vecteurs stratégiques et, d'autre part, dans l'exploitation possible par ces programmes de certaines études conduites au profit des programmes conventionnels. Il y a donc ici une recherche de cohérence intégrant l'aspect temporel pour le premier et le "système des systèmes" pour le second.

Pendant une trentaine d'années, les forces stratégiques françaises ont été en cours de constitution avec un renouvellement relativement rapide. Actuellement, ces éléments sont bien établis et les progrès essentiels sont des adaptations à l'environnement géopolitique. Se pose alors la question de la capacité à renouveler ces éléments le moment venu. Cela suppose, dans tous les cas, un entretien de certaines compétences et la mise en place des outils nécessaires pour relancer les réalisations en temps opportun.

Emploi

Le sujet a été limité ici à la seule problématique technique. L'autonomie d'emploi, qui facilite en l'occurrence le travail de contrôle de la cohérence, a des conséquences importantes sur la définition des systèmes d'armes pour deux raisons :

- il faut que l'ensemble des moyens indispensables à la réussite de la mission soit sous contrôle national ;
- l'interopérabilité se limite *stricto sensu* à une interopérabilité franco-française ; le fait que certains moyens soient partagés avec le "conventionnel" et que des outils de dialogue avec nos alliés peuvent s'avérer nécessaires tempère toutefois cette affirmation.

La cohérence au niveau du "système des systèmes"

Comme cela a été indiqué ci-dessus, la cohérence au niveau du "système des systèmes" doit s'étudier à deux niveaux : la "cohérence de scénarios" et la "cohérence de moyens", contrôlée par le collège des systèmes de forces.

"Cohérence des scénarios" : cette cohérence pose un problème de fond qui va rejaillir sur l'autre. En effet, le système de forces est un système de dernier secours dont l'efficacité doit donc être assurée à tout moment (principe de la permanence), contre tout adversaire, et qui ne peut reposer sur l'aide des alliés. En outre, il s'intéresse à la partie supérieure du spectre des conflits. La définition des scénarios au sens complet indiqué plus haut (le référentiel de menace et d'environnement) est donc par nature différente de celle retenue par les sept autres systèmes de forces, car beaucoup plus exigeante.

"Cohérence de moyens" : la dissuasion partage un certain nombre de moyens avec les autres systèmes de forces soit pour ses besoins directs (*Rafale*, avions ravitailleurs et certains systèmes de transmissions), soit pour son soutien.

Aussi faut-il être certain que les performances requises pour ces moyens permettent d'assurer les fonctions attendues dans le cadre de missions nucléaires. Comme ces exigences supplémentaires se situent souvent au niveau système, cela exige de les prendre en compte dès la phase de faisabilité en évitant toute

surenchère car elles se traduisent très souvent par un surcoût (généralement léger lorsqu'elles sont prises à temps, mais surcoût tout de même, ce qui explique certaines réticences, en particulier pour des matériels proposés à l'exportation).

La recherche de la cohérence représente une action à mener à tous les niveaux, de l'équipement au "système des systèmes", sur toute la durée de la vie des programmes (des études amont au démantèlement, qu'ils soient nucléaires ou non). Le système de forces dissuasion dispose pour ce faire de plusieurs atouts :

- une organisation structurée dont les éléments originaux sont l'existence d'un agrégat financier de toutes les dépenses d'investissement (au sens budgétaire du terme) spécifiques et de directeurs de programmes d'ensemble ;
- un nombre raisonnable de scénarios d'engagement à envisager facilitant l'usage systématique de simulations technico-opérationnelles, outils indispensables pour la mesure de cette cohérence ;
- la nécessité de réaliser en national l'essentiel de ses moyens qui, certes, présente certains inconvénients en terme de coût et de nécessaire vigilance sur le paysage industriel, mais en facilite la maîtrise. 🌐

La Force océanique stratégique

par le vice-amiral Edouard Scott de Martinville,
Commandant les Forces sous-marines et la Force océanique stratégique

The genesis of the ocean component of the deterrence (FOST) was a tremendous technical and human adventure. Thirty years later, the FOST adjusts to the evolutions of the post-Cold War world.

Trente ans après sa création, la force océanique stratégique s'adapte au monde de l'après-guerre froide.

Trente années, c'est déjà une histoire, celle d'une volonté politique : doter la France d'un moyen de protéger ses intérêts vitaux. Une volonté politique qui a permis la réalisation de cet outil militaire exceptionnel mais aussi exigé sa disponibilité constante, ordonnant pendant près de dix ans la présence à la mer de trois sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, simultanément.

Dans le contexte stratégique d'aujourd'hui, cette exigence a diminué, permettant ainsi une économie des moyens. Ce sont désormais un ou deux sous-marins nucléaires lanceurs d'engins qui assurent la permanence de la dissuasion à la mer. De nouveaux défis se présentent à la force océanique stratégique qui doit maintenir cette permanence avec des moyens réduits. Revenons d'abord sur la courte histoire de la FOST.

Les années de création : une formidable aventure technique et humaine

La genèse de la force océanique stratégique date de 1960. C'est en 1962 qu'est créée l'organisation Cœlacanthe à qui est confiée la mission de bâtir la composante navale de la force de dissuasion nationale.

Pourquoi une force océanique stratégique ? Un seul sous-marin emporte seize missiles intercontinentaux et une centaine de bombes nucléaires ; il représente à lui seul une formidable puissance destructrice, redoutable pour qui menacerait les intérêts vitaux de notre pays. Par ailleurs, la discrétion du sous-marin garantit son invulnérabilité et par là même la possibilité d'une frappe en second, c'est-à-dire évite qu'une attaque surprise d'une puissance hostile ne prive la France de ses moyens de riposte.

Les sous-marins ont prouvé lors de la Seconde Guerre mondiale leur aptitude à se dissimuler dans les profondeurs des océans. La propulsion nucléaire, que les Américains avec le *Nautilus* ont adaptée aux sous-marins en 1955, donne à ces navires la possibilité de rester indécélables pendant des mois sous la surface de la mer. Il n'est donc pas possible de les localiser pour les détruire avant d'attaquer notre pays.

Tout, ou presque, est à inventer en 1960. Certes, la France a une longue pratique de la construction des sous-marins, puisque le

premier, le *Gymnote*, date de 1887. Notre pays, dont les savants comptent parmi les pionniers de l'énergie nucléaire, s'est intéressé dès 1954 à la propulsion nucléaire mais la première tentative, conçue autour d'un réacteur à uranium naturel, ne débouche pas car le réacteur est trop encombrant pour le sous-marin projeté. Le projet d'un réacteur à eau pressurisée est alors lancé. Le prototype à terre est opérationnel dès octobre 1964 ; cette installation sert de banc d'essai pour le modèle "de série" installé sur *Le Redoutable*. Elle participe également à la formation du personnel chargé de la conduite des chaufferies embarquées.

Le missile qui emporte les têtes nucléaires doit pouvoir être lancé en plongée. Pour mettre au point cette phase extraordinairement délicate, un caisson sous-marin contenant un tube lance-missiles, puis un sous-marin spécialisé, le *Gymnote*, sont construits. 22 tirs sont effectués à partir de ce bâtiment avant que *Le Redoutable* ne tire son premier missile le 29 mai 1971.

Le Redoutable effectue ses essais à partir de novembre 1969 ; il valide en particulier le fonctionnement de ses centrales inertielles qui lui garantissent une navigation précise, autonome. Il appareille pour sa première patrouille opérationnelle le 28 janvier 1972 de la toute nouvelle base de l'Île Longue.

La force océanique stratégique naît en 1972, elle comprend les sous-marins nucléaires, leurs installations de commandement et de soutien, y compris les stations de transmissions.

L'aventure technologique masque souvent l'aventure humaine. Il faut se souvenir que la création de la force océanique stratégique a nécessité la formation d'un millier de sous-mariniers en cinq années. On a vu alors des sous-marins d'attaque (à l'époque à propulsion diesel-électrique) naviguer avec plus d'un tiers de leur équipage en formation : il fallait former les équipages du *Redoutable* et de ses successeurs. Pour mener à bien cette partie

du projet, le commandement de la FOST et celui des forces sous-marines ont été confiés à un même officier général.

Les années de croissance : un défi toujours plus ambitieux, sans cesse relevé

La première patrouille du *Redoutable* n'est pas un aboutissement, elle marque le début de la montée en puissance de la FOST qui va déployer sous les mers jusqu'à trois sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, simultanément.

Il s'agit là encore d'une remarquable prouesse industrielle et humaine, même si elle est moins perceptible.

Il y a tout d'abord la "simple" continuité du fonctionnement de la FOST, la permanence du service : faire partir les sous-marins à l'heure, avec toutes leurs installations disponibles, leurs équipages au complet, formés et entraînés, pour une patrouille de dix semaines environ. A chaque départ, le sous-marin appareille avec un équipage renouvelé au moins pour un tiers de son effectif. C'est pourquoi les forces de surface, l'aéronautique navale et les sous-marins d'attaque sont largement mis à contribution, participant à l'entraînement du SNLE qui appareille. Ces moyens assurent également la sûreté du SNLE aussi longtemps qu'il se trouve à proximité de son port base.

Pendant les dix années où trois sous-marins patrouillent simultanément, de 1982 à 1992, le chantier de l'Île Longue remet en état un sous-marin toutes les trois semaines. Il n'est pas rare de voir les équipes se relayer en "trois-huit", travaillant parfois tous les jours de la semaine (dimanche compris) pour tenir les délais et éviter de prolonger la patrouille de celui des SNLE dont c'est le tour de rentrer à l'Île Longue.

Il y a ensuite l'adaptation constante à la menace ou aux défenses adverses, qui évoluent avec l'apparition de nouvelles tech-

niques (nouveaux moyens de détection sous-marine, sous-marins adverses plus silencieux, systèmes de défense anti-missiles...). Il serait fastidieux de dresser ici l'inventaire exhaustif des évolutions qui jalonnent le parcours de la FOST. Les plus significatives concernent :

- les armes stratégiques,
- la discrétion acoustique des sous-marins.

L'évolution des armes stratégiques répond à un double objectif :

- augmentation de la portée,
- accroissement des capacités de pénétration des défenses adverses.

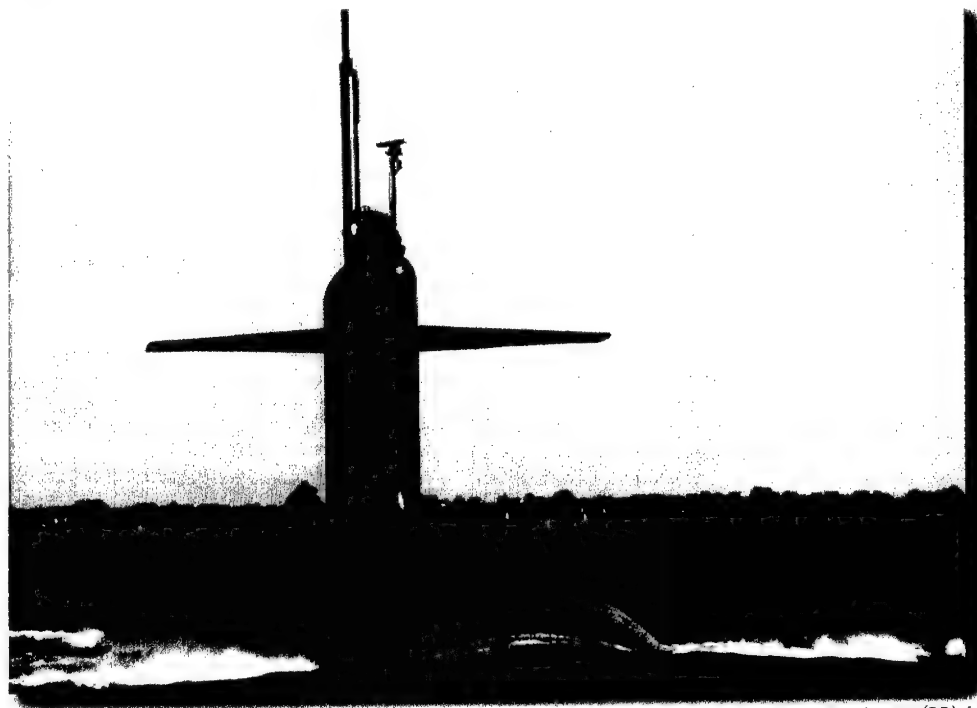
L'augmentation de la portée permet au sous-marin d'atteindre ses objectifs depuis de plus vastes étendues océaniques lui assurant ainsi une meilleure dilution. L'accroissement des capacités de pénétration permet d'attaquer des objectifs protégés par des systèmes de défense anti-missiles.

Cette évolution est permise par la réduction du poids et de la taille des armes nucléaires, qui autorise, à volume presque constant, une plus grande quantité de poudre dans le propulseur et l'emport de plusieurs têtes nucléaires, accompagnées d'objets destinés à leurrer les défenses adverses.

En 1972, *Le Redoutable* appareille avec seize missiles *M1*, capables chacun d'emporter une charge nucléaire de 500kt à 2000 km environ. Plusieurs générations de missiles se succèdent par la suite ; l'énergie des têtes nucléaires atteint même une mégatonne.

Depuis 1997, *Le Triomphant* déploie seize missiles *M45* dont les six têtes, optimisées par rapport à celles de la génération précédente, ont une meilleure capacité de pénétration et une portée accrue.

La discrétion acoustique devient une véritable préoccupation au début des années 80, lorsque l'exploitation des signaux émis en très basse fréquence par les sous-marins



Le sous-marin Le Teméraire (DR).

permet de les détecter et de les identifier à plusieurs dizaines de kilomètres. Tous les SNLE sont alors modifiés, au fil des périodes d'entretien, pour diminuer le bruit qu'ils rayonnent, leur "signature acoustique". Ces travaux : ajustement des formes du massif, améliorations des propulseurs, pose de revêtements de masquage, remplacement de machines bruyantes, permettent une réduction importante du rayon d'indiscrétion des SNLE type *Le Redoutable M4*.

Mais pour diminuer encore ce rayon d'indiscrétion, il faut s'y prendre dès la conception du bâtiment. C'est l'objectif premier fixé aux équipes chargées de réaliser *Le Triomphant* et les sous-marins suivants. Celui-ci est atteint de façon remarquable : ces sous-marins peuvent se déplacer plus rapidement que leurs prédécesseurs en demeurant extrêmement silencieux. Leur bruit est masqué par celui de la mer, même peu agitée. Le silence des compartiments où se trouvent turbines de propulsion et machines auxiliaires, l'absence de toute vibration, même à forte vitesse, sur un bâtiment de cette taille, sont des sensations extraordinaires, pour qui connaît le monde maritime.

La discrétion n'est pas qu'acoustique, il faut aussi se prémunir de l'exploitation de nouveaux moyens de détection, depuis l'espace par exemple. C'est pourquoi les SNLE type *Le Triomphant* peuvent plonger plus profond que leurs prédécesseurs.

Aujourd'hui et demain : l'excellence au moindre coût

Malgré la fin de la guerre froide, des arsenaux nucléaires demeurent ou se développent dans un monde qui connaît par ailleurs les risques engendrés par la prolifération des armes de destruction massive.

Pour pouvoir faire face à l'apparition de toute menace, même lointaine, contre ses intérêts vitaux, notre pays doit conserver des moyens suffisamment dissuasifs ; l'adapta-

tion de la FOST à ce nouveau contexte a donc été et continue d'être un objectif essentiel.

Tout d'abord la posture : pour ne pas offrir à l'adversaire la tentation du coup facile consistant à éliminer un unique sous-marin en patrouille, et se prémunir d'une éventuelle fortune de mer, la FOST doit être capable de déployer deux SNLE à la mer si nécessaire, sans préavis et pour une durée indéterminée.

C'est ce contrat qui fixe aujourd'hui le format de la force à quatre sous-marins dont trois dans le cycle opérationnel, armés à deux équipages.

Par souci d'économie de fonctionnement et en parfaite cohérence avec l'environnement stratégique actuel, ces quatre SNLE sont dans la situation suivante :

- un premier se trouve à la mer en patrouille ;
- un deuxième est disponible à quai ou à la mer, en essais ou en entraînement ;
- un troisième se trouve en entretien de courte durée ;
- le quatrième est immobilisé, en entretien de longue durée.

Le maintien de la posture ordonnée est le premier défi de la FOST.

La diminution du nombre de SNLE a permis de réduire le nombre d'équipages et les effectifs du personnel civil et militaire chargé du soutien des sous-marins. Le rythme d'activité du chantier de l'Ile Longue a également été ramené à celui d'un chantier normal, fonctionnant pour l'essentiel en heures ouvrables.

Mais un SNLE est un bâtiment extrêmement complexe. Tout à la fois sous-marin, centrale nucléaire, base de lancement de fusées intercontinentales, il emporte dans ses flancs la formidable puissance de 96 têtes nucléaires. Son entretien est donc délicat et coûteux. Les exigences de discrétion acoustique, qui garantissent la furtivité des sous-marins type *Le Triomphant* nécessitent un chantier doté de moyens suffisants et d'un personnel souvent très qualifié. Ces sous-

marins plus performants que leurs prédécesseurs sont aussi plus chers d'entretien.

L'enjeu aujourd'hui est bien avec l'aide du Service de Soutien de la Flotte (SSF) nouvellement créé, de maîtriser les coûts des opérations d'entretien. Ainsi, le prochain grand carénage du *Triomphant*, premier du type à Brest, a nécessité un long travail de préparation pour faire rentrer les dépenses dans l'enveloppe de ce qui est supportable par le budget de maintien en condition opérationnelle de la force. Tous les choix effectués l'ont été évidemment en respectant la sécurité de mise en œuvre indispensable pour ce type de bâtiment.

La maîtrise du coût de l'entretien des SNLE est le deuxième défi de la FOST.

Avec un peu plus d'un sous-marin en permanence à la mer, les équipages naviguent moins. Or, si l'on s'entraîne bien à la conduite sur les simulateurs, il demeure impossible de tout simuler convenablement. C'est toujours l'expérience à la mer qui fait les marins.


Par souci d'économie, certains imaginent parfois de supprimer des équipages pour les reconstituer le moment venu. Or la France ne dispose plus que de six sous-marins nucléaires d'attaque. Pour des raisons de sûreté nucléaire aisément compréhensibles, il ne saurait être question de former à leur bord des sous-mariniers en grand nombre en un temps aussi bref que lors de la création de la FOST. Créer un équipage de SNLE requiert jusqu'à six années, pour certaines fonctions de responsabilité. C'est du même ordre que la durée de construction d'un *Triomphant* en temps de paix. En cas de crise, il ne serait pas possible d'accélérer la formation des hommes, même s'il était possible de construire des bâtiments plus rapidement. Il faut donc continuer à recruter, former, entraîner des

équipages en nombre suffisant pour rester en parfaite cohérence avec la posture prescrite. Il faut enfin savoir conserver ces techniciens réputés qui trouvent aisément des emplois dans la vie civile.

Le maintien des qualifications et de l'entraînement de ses équipages est le troisième défi de la FOST.

Enfin, dans sa démarche d'adaptation au monde de l'après-guerre froide, la force se prépare à l'entrée en service du missile *M51* qui coïncidera avec celle du *Terrible*, quatrième et dernier SNLE type *Le Triomphant*. La souplesse apportée à la force par ce système d'armes permettra de faire face à toutes les situations auxquelles notre dissuasion pourrait être confrontée dans les prochaines décennies. C'est un enjeu essentiel qui concerne directement le futur de la FOST.

La portée accrue de ce nouveau missile ouvrira l'accès à de nouveaux espaces de déploiement dans lesquels devront être maîtrisées entre autres, précision de la navigation et conditions d'environnement océanographique ; il faut s'y préparer dès maintenant.

Maintenir la permanence de la posture stratégique au moindre coût, en conservant la flexibilité souhaitée, voilà plus que jamais l'objectif de la force océanique stratégique. Un objectif ambitieux, celui des hommes et des femmes, civils et militaires, qui assurent son fonctionnement quotidien et travaillent à son avenir. Tant il est vrai que « *ce sont les hommes et non les pierres qui font la force des remparts protecteurs des cités* » (Platon). 

Les Forces aériennes stratégiques

par le général de corps aérien Gérard SAUCLES
Commandant les Forces aériennes stratégiques - Armée de l'Air

The organisation of the French Strategic Air Force (FAS) stems directly from texts approved by the president of the Republic and is built around a command structure and operational forces that must have a capability to react in any circumstances. To achieve this, these forces must be maintained at a state of readiness that is appropriate to the situation; this in itself is also testimony to our resolve. In accordance with the 1996 decree that defines the responsibilities of nuclear force commanders, the Commandant of the FAS is required to ensure the operational readiness of the forces at his disposal and to monitor the execution of any missions, with whose preparation he is closely associated.

Depuis 1964, la dissuasion française repose sur l'arme nucléaire et les Forces aériennes stratégiques sont, depuis cette année-là, dans la posture que leur prescrit le Président de la République.

Même si les menaces ont évolué depuis quelques années, le concept de dissuasion conserve aujourd'hui toute son actualité. Comme l'a rappelé le Président de la République devant l'Institut des hautes études de la Défense nationale, le 8 juin 2001, la dissuasion reste l'élément fondamental de notre stratégie. Elle garantit, en premier lieu que la survie de la France ne sera jamais mise en cause par une puissance militaire majeure animée d'intentions hostiles et prête à recourir à tous les moyens pour les concrétiser. La dissuasion doit également permettre de faire face aux menaces que pourraient faire peser sur ses intérêts vitaux des puissances régionales dotées d'armes de destruction massive. En effet, le concept de dissuasion fondé sur le principe de l'unicité n'exclut pas la capacité de marquer, le moment venu, à un adversaire éventuel, à la fois que les intérêts vitaux sont en jeu et que la France est déterminée à les sauvegarder.

C Ce concept de dissuasion – tous azimuts (tout agresseur) et unifonctionnel (défense des intérêts vitaux) conserve, plus que jamais, sa pleine valeur.

En effet, il existe encore des arsenaux considérables. Par ailleurs, un certain nombre d'Etats dans le monde se dotent ou cherchent à se doter d'armements de destruction massive, nucléaires, biologiques ou chimiques. Aussi, même si aucune menace aujourd'hui ne pèse directement sur nos intérêts vitaux, la rapidité de l'évolution du contexte stratégique incite-t-elle à la prudence.

Dans ce contexte, notre dispositif nucléaire est fondé sur deux principes : la suffisance et la crédibilité. Si l'appréciation du niveau de suffisance reste du ressort des hautes autorités gouvernementales, la crédibilité militaire de la force de dissuasion repose essentiellement sur notre aptitude opérationnelle à réaliser la mission qui nous est confiée et sur les caractéristiques techniques des matériels en termes d'efficacité, de sécurité et de fiabilité.

Enfin, il convient de souligner que la dissuasion trouve sa pleine force en s'exerçant, en permanence, le plus en amont possible pour enlever à tout dirigeant aventureux, l'idée d'échafauder un quelconque plan d'attaque.

En fonction de ces éléments, la structure de nos forces nucléaires a été redéfinie au début de 1996 et réaffirmée en juin 2001 par le Président de la République dans le strict

respect des principes de suffisance et de crédibilité que je viens d'évoquer. Elle comprend désormais deux composantes aux caractéristiques différentes et complémentaires :

- une composante océanique, articulée autour de sous-marins lanceurs de missiles balistiques ;
- une composante aéroportée, bâtie autour de missiles aérobie.



Est ainsi traduit un des fondements conceptuels majeurs de la dissuasion : la crédibilité des composantes au niveau des modes d'action et de l'affichage de la volonté politique, la nature et le volume de chaque composante étant essentiels pour garantir la crédibilité globale du système nucléaire. Cette crédibilité se mesure dans les domaines technique et opérationnel par les capacités propres à chaque composante, leur vulnérabilité et leur complémentarité.

Par rapport à la composante océanique, les spécificités de la composante aéroportée, mesurées en termes de complémentarité, sont de plusieurs ordres.

- Tout d'abord, le mode de pénétration bâti autour du couple avion / missile qui permet tous les profils, obligeant pour le contrer à adopter une posture de défense pénalisante (diversifiée, de haute technologie et coûteuse), et qui s'appuie en particulier sur le missile ASMP⁽¹⁾, aérobie, plusieurs fois supersonique et très difficile à détecter.

A l'heure où des discussions sont engagées sur la mise au point de systèmes de défense contre les missiles balistiques, ce mode de pénétration prend toute son importance.

- En deuxième lieu, la souplesse, au sens de la diversification des options offertes aux autorités politiques, par la précision des

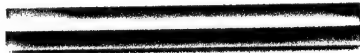
armes, la maîtrise des effets et la planification sous faible préavis.

- Ensuite, la visibilité et la démonstrativité des manœuvres dissuasives lors des différentes étapes d'une montée en puissance (convois, armement des avions, prise d'alerte, décollage et alerte en vol) qui pourraient venir soutenir et crédibiliser des degrés d'escalade dans la volonté politique.

Par ailleurs, toujours d'un point de vue politique, la composante aéroportée a aussi une signification propre dans la mesure où :

- depuis le démantèlement du système S.S.B.S. du plateau d'Albion, c'est la seule composante qui peut se déployer en toute souveraineté sur le territoire national ou sur le porte-avions ;
- en outre, depuis la décision de la Grande-Bretagne en 1998, la France est le seul pays européen à disposer de cette composante.

Enfin, il convient de souligner que les appareils de la composante aéroportée Air (*Mirage 2000N* et ravitailleurs en vol *C135*) peuvent, dès lors que le contrat nucléaire est respecté, renforcer les capacités conventionnelles, utiles aux autres fonctions stratégiques conventionnelles des forces armées et de l'armée de l'Air.



Découlant directement de textes approuvés par le Président de la République, l'organisation des FAS s'appuie sur une structure du commandement et sur des forces opérationnelles qui doivent être en mesure de garantir une capacité de réaction, quelles que soient les circonstances. Il faut, pour atteindre ce but, maintenir en permanence ces forces dans un état de préparation et une posture adap-

⁽¹⁾ Air-sol moyenne portée.



Mirage 2000 N ASMP ravitaillé par un C135 (Sirpa Air - Gilles Rolle).

tés à la situation, ceci, de plus, apportant la preuve de notre détermination. Dans ce cadre, et conformément au décret de 1996 qui définit les responsabilités des commandants de forces nucléaires, le commandant des Forces aériennes stratégiques est chargé de la mise en condition opérationnelle des moyens dont il dispose et du suivi de l'exécution des missions, à l'élaboration desquelles il est étroitement associé.

Les FAS, commandement à la fois organique, rattaché pour cette fonction au Chef d'Etat-major de l'armée de l'Air, et opérationnel, disposent donc de moyens de commandement et d'unités de combat.

En ce qui concerne le commandement, le commandant des FAS dans le cadre de ses responsabilités vis-à-vis du Chef d'Etat-major des Armées et de l'autorité politique, doit :

- connaître en permanence l'état des moyens et en rendre compte ;
- être en mesure de retransmettre les ordres exceptionnels dans les plus courts délais ;
- pouvoir adapter les plans d'opérations à la situation ;

- et proposer, et ordonner le cas échéant, les mesures de sauvegarde en cas d'apparition de menace inopinée.

Tout cela nécessite une organisation centralisée, permettant au chef le "pilotage" en temps réel des unités placées sous ses ordres : c'est le rôle dévolu aux Centres des opérations des forces aériennes stratégiques (COFAS), reflet des attributions opérationnelles du Commandement des forces aériennes stratégiques.

Pour la réalisation des missions, les unités de combat se répartissent entre :

- trois escadrons de chasse équipés de *Mirage 2000N* (basés à Luxeuil et à Istres). Ce vecteur possède des capacités remarquables de pénétration en basse altitude, quelles que soient les conditions météorologiques, dues à un dispositif de suivi de terrain automatique très fiable et des CME performantes, un rayon d'action extensible grâce au ravitaillement en vol et un système de préparation de mission adapté à la mission nucléaire et au missile ASMP ;

– des ravitailleurs *C135 FR* (stationnés à Istres), indispensables pour donner l'allonge nécessaire aux *Mirage 2000N* mais aussi pour assurer le relais des transmissions à grande distance du territoire national. Ils sont totalement intégrés à la manœuvre et aux procédures nucléaires.

Pour assurer la cohérence d'ensemble dans l'exécution des missions assignées, les FAS mettent en œuvre des réseaux de transmissions spécifiques, durcis et sécurisés qui assurent, d'une part, les liaisons avec les hautes autorités nationales, civiles et militaires, et, d'autre part, les liaisons avec les unités et les avions. Une infrastructure adaptée (cinq DAMS ⁽²⁾ et les zones d'alerte associées) permet de stocker et d'abriter en toute sécurité missiles et avions sur leur terrain d'armement.

La préparation continue des unités et leur soutien permanent demandent également des structures particulières :

- des unités de soutien technique spécialisé (ESTS) assurant la maintenance et le maintien en condition opérationnelle des appareils et des équipements ;
- des unités d'instruction avec notamment le CITAC ⁽³⁾, contribuant à la formation en vol des pilotes et surtout des navigateurs officiers système d'armes.

60

L'ARMEMENT / N°15 - Octobre 2001

La mission particulière des FAS impose une cohérence totale entre la planification, le concept d'emploi et les performances des systèmes, aéroportés ou au sol, qui sont mis en œuvre afin de répondre aux objectifs fixés. C'est pourquoi les FAS sont très impliquées dans le suivi des matériels en service et dans la réflexion concernant les systèmes futurs, en parfaite concertation avec les états-majors (Etat-major des Armées / Division forces nucléaires et état-major de l'armée de l'Air) et les services de la DGA.

Il est en effet vital que la composante aéroportée puisse conserver la crédibilité technique permettant de s'adapter aux nouvelles menaces et garantir l'aptitude permanente à l'exécution de la mission opérationnelle. A ce titre, outre le remplacement avant la fin de cette décennie de l'ASMP actuel par un missile, conçu sur le même principe de propulsion mais amélioré en portée, précision et fiabilité, les modifications attendues du *Mirage 2000N* et du *C135* contribueront à l'augmentation de nos performances opérationnelles. Le standard dit "K3" du *Mirage 2000N* comportera des évolutions significatives du système d'armes, notamment l'intégration de l'ASMP-A (« A » pour « amélioré ») et l'amélioration des CME. Le *C135* verra la rénovation de son système de navigation et de sa planche de bord, permettant un gain substantiel en capacité opérationnelle. L'équipement des avions de combat en liaisons de données tactiques donnera aux équipages des moyens plus performants en matière d'appréciation de la situation aérienne, afin de mieux coordonner les raids, que ce soit pour les appareils des FAS ou les moyens de support conventionnels.

A moyen terme, l'arrivée du *Rafale* équipé de l'ASMP-A permettra de tirer le meilleur parti des capacités et de la polyvalence de l'arme aérienne pour répondre aux impératifs de la mission.

La mission de dissuasion et la mise en œuvre d'armement nucléaire ne s'envisagent pas sans prendre en compte deux exigences majeures : le respect des règles de contrôle gouvernemental et de sécurité nucléaire.

La première permet de garantir au Président de la République que le tir d'une arme

⁽²⁾ DAMS : Dépôt Atelier Munitions Spéciales.

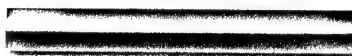
⁽³⁾ CITAC : Centre d'instruction tactique.

nucléaire est impossible sans ordre légitime sur des objectifs qu'il a lui-même approuvés. La réponse à cette contrainte légitime recouvre trois volets : le contrôle de l'engagement, le contrôle de la conformité de l'emploi et le contrôle de situation. Les dispositifs techniques et les procédures opérationnelles, la ségrégation des informations et le partage des responsabilités entre différentes chaînes indépendantes (les FAS et la GSAN⁽⁴⁾) permettent de répondre pleinement aux buts fixés. La tenue de ces buts dans le temps est d'ailleurs régulièrement contrôlée par l'Etat-major des Armées et par l'Inspection des armements nucléaires, qui relèvent du ministre de la Défense.

La deuxième règle concourt à la démonstration permanente de notre maîtrise à pouvoir mettre en œuvre, en toute sécurité, des systèmes sensibles, complexes et de haute technologie crédibilisant ainsi, dans un volet très technique de nos activités, la composante aéroportée. Pour ce faire, l'application stricte de tout un ensemble de procédures doit permettre d'éviter l'apparition d'un incident, ou d'en minimiser les conséquences, durant toute la vie des installations et des systèmes. Ces principes d'exécution reposent sur un axiome – *"tout ce qui n'est pas prescrit est interdit"* – et une contrainte : la dualité entre exécution et contrôle.

Cette deuxième exigence est fondamentale, car, dès le temps de paix, il nous faut apporter la preuve de nos capacités si l'on veut maintenir la crédibilité de la dissuasion. La sécurité nucléaire n'est pas seulement une mesure de précaution tout à fait indispensa-

ble, elle est également opérationnelle, voire existentielle.



Au début de ce XXI^e siècle, les Forces aériennes stratégiques ont toujours un rôle opérationnel et organique et regroupent autour d'une mission de défense fondamentale (mais aussi très particulière) l'ensemble des moyens et des personnels indispensables.

Elles doivent, en permanence, démontrer leur totale capacité à effectuer les missions qui leur sont fixées tout en respectant des procédures spécifiques qui garantissent une parfaite exécution des ordres et en demeurant sans faille dans le domaine de la sécurité. Elles le démontrent régulièrement aussi bien en interne, aux autorités politiques et militaires, que vis-à-vis d'observateurs extérieurs (autres pays) lors d'opérations régulières qui répètent la montée en puissance (BANCO), la mission aérienne globale (POKER), les tirs d'évaluation de fonctionnement du missile (TEF) et tous les autres exercices auxquels participent tous les acteurs de la dissuasion, chacun à sa place et dans ses responsabilités, de l'Etat-major particulier du Président de la République jusqu'aux unités nucléaires. C'est ainsi que ce commandement resserré, de quelque 2 300 personnes, forge sa crédibilité opérationnelle et assume chaque jour sa mission de dissuasion, opération de maintien de la paix qui dure avec succès depuis presque 40 ans.

⁽⁴⁾ GSAN : Gendarmerie de la sécurité des armements nucléaires.

La conduite des programmes de missiles stratégiques

par Gilles BESSERO, ingénieur général de l'armement
Directeur du Service des programmes nucléaires - Délégation générale pour l'armement

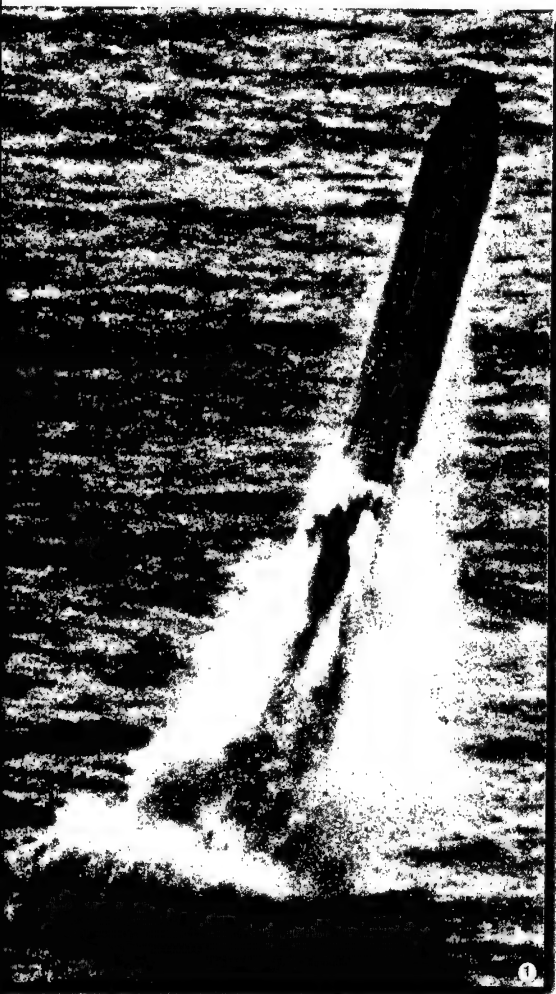
In the French concept confirmed by the White Paper on Defence of 1994, deterrence "relies on both capabilities, in any circumstances, to inflict unacceptable damages and to deliver an ultimate warning". Following the reductions which have occurred since 1996 to adapt our nuclear posture to the post cold war context, this twofold capability relies on two types of resources with different and complementary technical characteristics, as recalled by the President of the Republic to the attendees of the Institute of High Studies in National Defence. They consist of so-called strategic missiles, with on the one hand "submarine-borne ballistic missiles equipping the ocean component" and, on the other hand, "air-breathing missiles for the airborne component".

This article reviews the status of the strategic missile programmes which are managed, within the French Defence Procurement Agency (DGA), by the Nuclear Programme Office. It also describes the relevant governmental and industrial capacities, outlines the preparation of the future and concludes with some perspectives.

Dans le concept français confirmé par le Livre Blanc sur la défense de 1994, la dissuasion « repose sur la double capacité, en toutes circonstances, d'infliger des dommages inacceptables et de délivrer un ultime avertissement ». Après les réductions intervenues depuis 1996 pour adapter notre posture nucléaire au contexte de l'après-guerre froide, cette double capacité repose, comme l'a rappelé le Président de la République, devant les auditeurs de l'Institut des hautes études de Défense nationale, le 8 juin 2001, « sur deux types de moyens aux caractéristiques techniques différentes et complémentaires ». Il s'agit de missiles dits stratégiques comprenant d'une part des « missiles balistiques équipant la composante océanique, emportés par des sous-marins » et, d'autre part, des « missiles à trajectoire aérobie pour la composante aéroportée ».

La conduite des programmes de missiles stratégiques est assurée au sein de la Délégation générale pour l'armement (DGA), par le service des programmes nucléaires. Elle s'insère au sein de programmes d'ensemble permettant de garantir la cohérence entre les infrastructures (bases maritimes et aériennes), les moyens de transmissions, les porteurs (sous-marins ou avions), les vecteurs (les missiles proprement dits) et les armes (têtes nucléaires et aides à la pénétration). Elle doit satisfaire des exigences accrues de performances et de sûreté nucléaire, dans un contexte budgétaire très contraint et s'adapter aux évolutions du panorama industriel.

Quelques spécificités supplémentaires des programmes de missiles stratégiques méritent d'être soulignées en préambule. Il s'agit d'abord de programmes dont la durée et le coût sont importants. Les fabrications sont limitées à des petites séries ne dépassant pas quelques dizaines d'unités, contrairement aux programmes de missiles tactiques qui peuvent porter sur plusieurs centaines ou milliers d'unités. La cohérence du système



d'armes dans son ensemble et ses performances opérationnelles (disponibilité, portée, précision, pénétration) sont particulièrement sensibles et font l'objet d'un suivi attentif par les plus hautes autorités puisqu'elles conditionnent la crédibilité de la dissuasion. Enfin, les préoccupations liées à la sécurité nucléaire y jouent un rôle tout à fait primordial.

Les missiles balistiques

Les trois dotations de seize missiles actuellement en service comprennent une dotation de missiles *M4* (planche ❶), mis en service en 1985, et deux dotations de missiles *M45*, mis en service en 1997. Il est prévu de maintenir la première dotation jusqu'en 2003 pour équiper le sous-marin d'ancienne génération *L'Indomptable* jusqu'à son retrait du service actif ; elle sera alors remplacée par une dotation de missiles *M45*. Les missiles *M45* sont mis en œuvre par les sous-marins de nouvelle génération (SNLE NG) type *Le Triomphant* ainsi que, depuis cette année, par le dernier sous-marin d'ancienne génération *L'Inflexible*, suite au tir d'acceptation effectué avec succès dans la nuit du 17 au 18 avril 2001. *Le Vigilant*, 3^e SNLE NG, sera encore équipé de *M45* mais le 4^e, *Le Terrible*, sera directement doté du nouveau missile *M51*, en principe en 2008. Le retrait de la dernière dotation de missiles *M45* est prévu en 2012.

Le missile *M45* est proche du *M4* puisqu'il se caractérise principalement par une nouvelle charge utile (têtes nucléaires TN75 et aides à la pénétration). En revanche, le missile *M51* (planche ❷) sera radicalement différent, avec une masse de plus de 50 tonnes, contre 35 tonnes pour le *M45*, permettant un quasi doublement de la capacité d'emport, compte tenu de l'évolution des caractéristiques des

❶ Tir de développement d'un missile *M4*

© Ministère de la défense.

❷ Vue d'artiste du lancement d'un missile *M51*

© EADS-LV - Bechennec.

têtes nucléaires ⁽¹⁾. Afin de garantir la sûreté du système d'armes et la crédibilité de la dissuasion à l'horizon 2030, notamment dans l'hypothèse d'un renforcement des défenses antimissile balistiques, le lancement du développement d'un nouveau missile, baptisé *M5*, avait été décidé à la fin de 1992. En février 1996, dans un contexte stratégique moins menaçant, un souci d'économie avait conduit le Président de la République à réorienter le programme vers un missile moins ambitieux, baptisé *M51*, permettant une économie de l'ordre de 20 %. A la fin de 1997, une revue complète du programme a été engagée, en équipe intégrée (groupe de travail Minos), pour définir un plan d'économies d'environ 800 millions d'Euros, grâce à une série de mesures portant sur la rationalisation du processus industriel, l'optimisation des essais, la réduction de certaines spécifications (après analyse de la valeur), et la modification de la logique et de la date de mise en service. Il a ainsi été décidé d'avancer de 2010 à 2008 le remplacement des *M45* par des missiles *M51* équipés, dans un premier temps, de la tête nucléaire TN75 et des aides à la pénétration du missile *M45* (version *M51.1*), puis, à partir de 2015, de la nouvelle tête nucléaire océanique (TNO) associée à des aides à la pénétration adaptées (version *M51.2*).

Un premier contrat de développement a été signé avec les industriels en août 1998, suivi à la fin de l'an 2000 d'un second contrat qui conduit jusqu'à la qualification du missile en 2008, dans sa version *M51.1*. Le coût complet du développement est de l'ordre de 4,5 milliards d'Euros. La production devrait être lancée en 2003.

Le missile *M51* est, comme le *M45*, un missile utilisant un système de guidage iner-



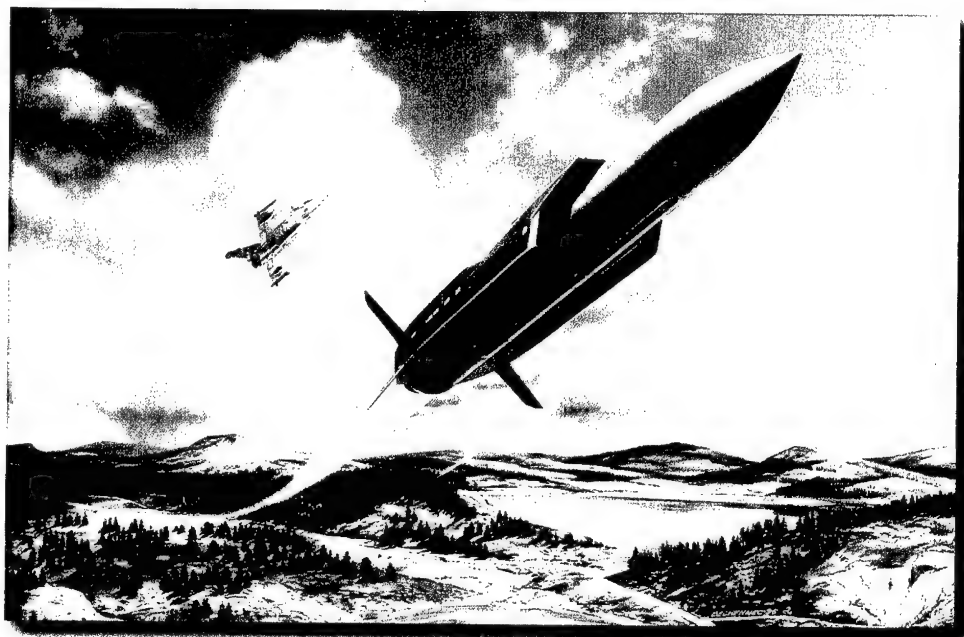
③ Un missile ASMP sous Mirage 2000 N © Ministère de la défense.

tiel et propulsé par propergol solide. La structure des deux premiers étages du *M51* est en composite de fibre de carbone époxy bobinée, solution qui permet une réduction du poids d'environ 30 % par rapport à la technologie utilisée pour le *M45*. La partie haute comporte une case à équipements et un système d'espacement et de largage des têtes nucléaires et des aides à la pénétration permettant d'atteindre simultanément plusieurs objectifs éloignés. Elle est enveloppée par une coiffe hydrodynamique équipée d'un réducteur de traînée aérodynamique. La portée de référence du missile avec un chargement complet en têtes nucléaires et en aides à la pénétration est de l'ordre de 6 000 kilomètres. Le programme prévoit des tirs de maquette à partir d'un caisson sous-marin en 2002 et un premier essai en vol du missile dans sa version *M51.1* en 2005.

Les missiles aérobie

Le missile en service est le missile air-sol moyenne portée, ou ASMP (*planche ③*), qui a équipé les *Mirage IV* de l'armée de l'Air dès 1986. Il est emporté aujourd'hui sous *Mirage 2000N*, à partir des bases des forces aériennes stratégiques, et sous *Super Etendard* modernisé, à partir du porte-avions

⁽¹⁾ Cf. article de M. Alain Delpuech dans ce même numéro.



④ Vue d'artiste du missile ASMPA © Aerospatiale Matra Missiles-D. Bechennec.

Charles de Gaulle. Un programme de renouvellement à mi-vie des vecteurs, portant sur quelques équipements critiques, est en cours, avec des livraisons échelonnées entre 1996 et 2003.

Le missile ASMP amélioré (ASMPA) (*planche ④*), est destiné à remplacer le missile ASMP avant la fin de la décennie. Le développement de l'ASMPA a été préparé par l'opération Vesta (vecteur à statoréacteur), destinée à mettre au point un démonstrateur de vecteur à statoréacteur commun à l'ASMPA et au missile anti-navire futur ANF. Après la suspension de l'ANF décidée en décembre 1999, l'opération a été poursuivie au profit du seul programme ASMPA. Les essais au sol, qui ont débuté en décembre 2000, ont été jusqu'ici couronnés de succès. Ils seront suivis de trois essais en vol en 2002-2003. Le programme ASMPA a fait l'objet d'une démarche de conception à coût objectif ; avec d'autres actions portant sur la stratégie d'acquisition des équipements ainsi que sur les concepts de mise en œuvre et de maintenance, une économie globale de l'ordre de 20 % a pu être atteinte sur le prix unitaire du

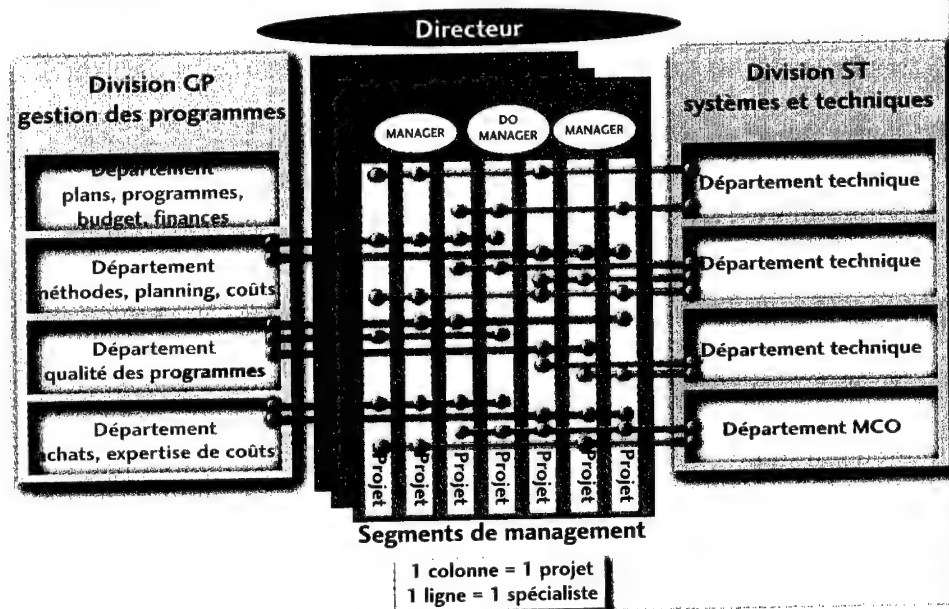
vecteur, par rapport à l'ASMP, en dépit de performances demandées bien supérieures.

Après les phases de faisabilité (1997-1999), puis de définition (1999-2000), le contrat de réalisation du missile a été notifié à l'industriel à la fin de décembre 2000. Au total, le stade de réalisation du programme ASMPA représente un coût de l'ordre du milliard d'Euros.

L'ASMPA aura des dimensions, une masse (inférieure à la tonne) et une architecture voisines de celles de son prédécesseur. Son statoréacteur de nouvelle génération, mis au point dans le cadre de l'opération Vesta, doté de deux entrées d'air latérales et d'une chambre tourbillonnaire avec accélérateur à poudre intégré, lui donnera des performances largement supérieures, et adaptées aux évolutions de la menace. Ce développement pérennise ainsi une technologie originale dont la France est le seul pays occidental à disposer opérationnellement. La portée maximale de l'ASMPA dépassera 500 kilomètres, celle de l'ASMP étant de l'ordre de 300 kilomètres. L'ASMPA mettra en œuvre une charge nouvelle, la tête nucléaire aéroportée (TNA),

L'ORGANISATION DES SERVICES DE PROGRAMMES (SP21)

5



qui remplacera la TN81 associée au missile ASMP⁽²⁾. Les premiers essais en vol devraient intervenir en 2004-2005.

L'organisation étatique

Les missiles stratégiques font l'objet de quatre programmes (production des missiles *M45*, production des missiles ASMP, développement du missile ASMPA, développement du missile *M51*) et de trois opérations non érigées en programmes (MCO des missiles *M45*, MCO des missiles ASMP, *Vesta*), pour un budget de 600 à 800 millions d'Euros par an sur la période 2000-2008.

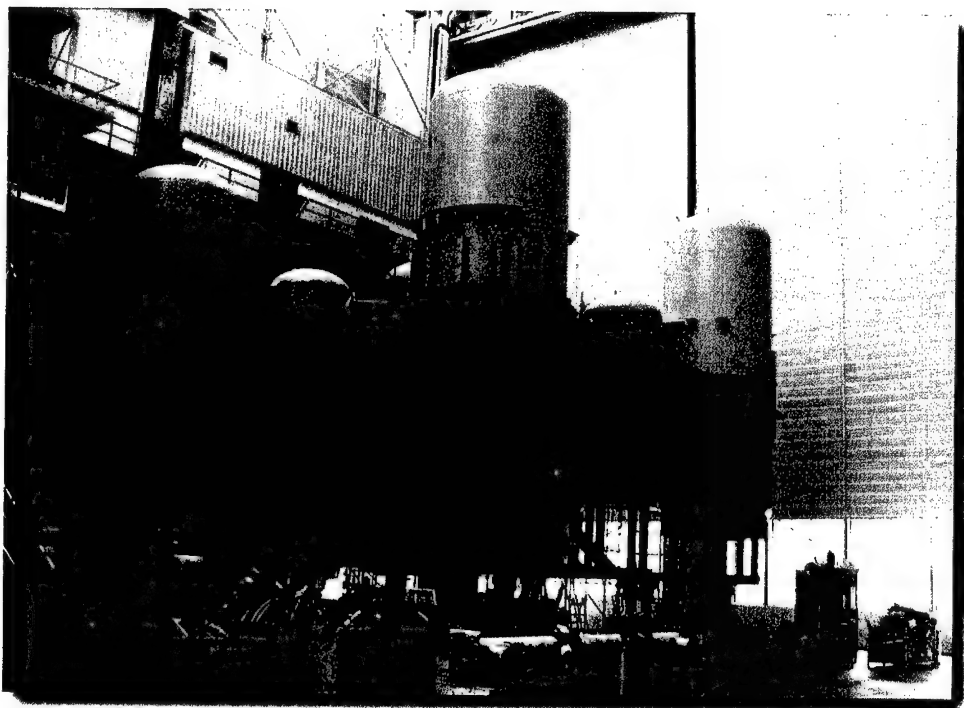
Comme tout programme d'armement, les programmes de missiles stratégiques sont menés par une équipe intégrée, constituée autour du directeur de programme de la DGA et de l'officier de programme de l'Etat-major des Armées (EMA). Ces équipes agissent dans le cadre des programmes d'ensemble Coelacanth pour les missiles stratégiques balistiques mer-sol (MSBS)⁽³⁾ et Horus pour

les missiles air-sol nucléaires (ASN). Chacun de ces deux programmes d'ensemble est supervisé par un comité directeur qui réunit, sous la présidence du délégué général pour l'armement, les représentants des états-majors, de la DGA, du CEA et des forces.

Depuis la généralisation du nouveau schéma d'organisation des services de programmes de la DGA (SP21), chacune des deux composantes relève au sein du service des programmes nucléaires d'un segment de management spécifique. Les équipes pluridisciplinaires de projet (EPDP) constituées au sein de chaque segment pour conduire chaque programme ou opération réunissent, sous la houlette d'un manager, les architectes, responsables de produits et spécialistes des départements techniques concernés (architecture technique des missiles ; propulsion, énergétique et sécurité ; technologies et équipements communs), spécialistes du

⁽²⁾ Cf. article de M. Alain Delpuech dans ce même numéro.

⁽³⁾ Cf. article de M. Michel Bonnotte dans ce même numéro.



6 Caisson Cétacé en construction à DCN Cherbourg © DCN

maintien en condition opérationnelle (MCO) et du soutien logistique intégré (SLI) et spécialistes de la gestion des programmes (acheteur, spécialiste de management, gestionnaire planification-finances, ingénieur qualité programme) (*planche 6*). Les équipes pluridisciplinaires de projet du segment MSBS mobilisent environ quarante personnes, celles du segment ASN environ trente personnes.

Le service des programmes nucléaires assure aussi la maîtrise d'ouvrage de l'ensemble des activités relatives au maintien en condition opérationnelle (MCO) des missiles. A ce titre, il est responsable devant les états-majors de l'obtention et du maintien des caractéristiques militaires du système d'armes (disponibilité et fiabilité des vecteurs et des moyens de préparation au lancement, bon fonctionnement des missiles d'exercice, niveau de sécurité nucléaire exigé, adéquation permanente

des moyens et procédures d'emploi des missiles avec les besoins opérationnels).

Les capacités de la Direction des centres d'expertise et d'essais de la DGA/DCE sont largement mises à contribution pour assurer le bon déroulement des programmes. La conception, les essais et le démantèlement des propulseurs des missiles MSBS font appel aux moyens du Centre d'achèvement et d'essais des propulseurs et des engins (CAEPE), tandis que le Centre d'essais des Landes (CEL) assure la conduite des essais en vol et des tirs d'exercice et de qualification. Outre le bâtiment d'essais et de mesures *Monge*, dont les équipements de navigation et de poursuite devront être modernisés pour les essais du missile *M51*, deux moyens d'essais nouveaux seront mis en œuvre dans ce cadre. Il s'agit, d'une part, du caisson sous-marin Cétacé (*planche 6*) qui doit être utilisé pour vérifier la compatibilité du missile et de

l'installation de lancement et, d'autre part, du moyen aéroporté de mesure optique (MAMO), nécessaire pour la conception et la qualification des aides à la pénétration de la version M51.2.

Le développement et les essais des missiles aéroportés mettent aussi à contribution, outre le CEL, le Centre d'essais des propulseurs (CEPr) et le Centre d'essais en vol (CEV). L'installation Chefren (planche 7), inaugurée en février 2001 au CEPr, permet de valider le fonctionnement des statoréacteurs dans les conditions du vol haute altitude.

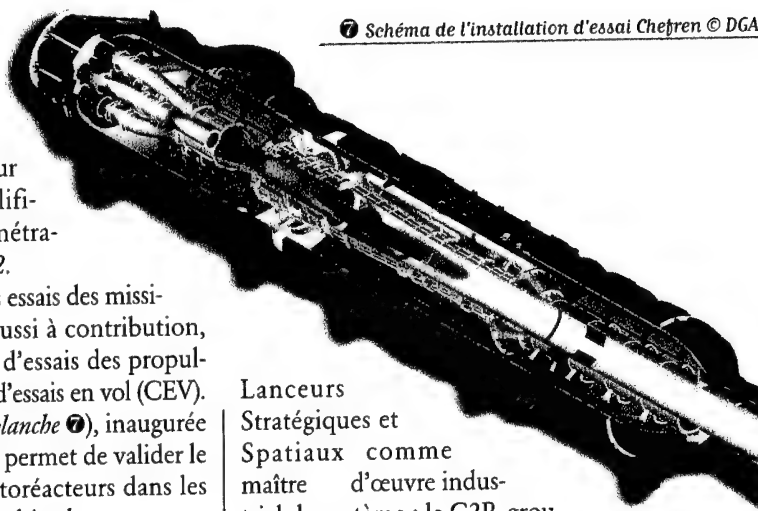
Le Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques (LRBA) de la DCE et l'Onera apportent également un support essentiel dans de nombreux domaines, parmi lesquels on peut citer la navigation, le guidage, l'aérodynamique, la propulsion et la mécanique de vol. Les travaux sur le durcissement aux agressions nucléaires font appel à l'expertise et aux moyens d'essais du Centre d'études de Gramat (CEG). Le bassin d'essais des carènes est mis à contribution pour les travaux relatifs à la trajectoire sous-marine des missiles MSBS. Enfin, il est largement fait appel à la DCE pour des activités d'assistance à maîtrise d'ouvrage et d'expertise au profit des EPDP.

Les études à caractère opérationnel et technico-opérationnel, notamment sur la caractérisation des défenses adverses, sont principalement menées par le Centre d'analyse de défense (CAD) qui relève de la Direction des systèmes de forces et de la prospective.

Les moyens industriels

Deux acteurs principaux se partagent la conception, la réalisation et le MCO des missiles MSBS : EADS Launch Vehicles a pris au sein de EADS la suite d'Aerospatiale Matra

7 Schéma de l'installation d'essai Chefren © DGA



Lanceurs Stratégiques et Spatiaux comme maître d'œuvre industriel du système ; le G2P, groupement d'intérêt économique constitué de Snecma Moteurs (qui a absorbé l'ex-SEP) et de SNPE, est maître d'œuvre de la propulsion. Le regroupement des activités de grosse propulsion de ces deux sociétés au sein de la société commune Herakles, annoncé en décembre 2000, devrait simplifier l'organisation industrielle. Le contrat notifié à la même époque pour couvrir la poursuite du développement du missile M51 assure l'activité de près de 1 000 personnes d'EADS Launch Vehicles (Les Mureaux et Issac) et de plus de 600 personnes de Snecma (Le Haillan) ou SNPE (Saint-Médard-en-Jalles).

La conception et la réalisation des missiles ASMP et ASMPA sont assurées par la société Aerospatiale Matra Missiles, destinée aujourd'hui à devenir l'une des composantes de MBDA. La réalisation de l'ASMPA générera sur les dix prochaines années une activité correspondant à environ 200 emplois dans les établissements de Bourges et de Châtillon. La société Celerg, filiale commune d'Aerospatiale Matra Missiles et de SNPE, assure en sous-traitance la fabrication de sous-ensembles du moteur (accélérateur intégré, chambre de combustion, protection thermique).

De nombreux industriels sont mis à contribution pour la fourniture de sous-ensembles

et équipements, généralement dans le cadre de contrats négociés par le maître d'œuvre industriel, qu'il s'agisse de Sagem (centrales inertielles des missiles MSBS et ASMP), de Thales (centrale inertielle de l'ASMPA, etc.) ou de petites sociétés spécialisées (Apsys, Bertin, Nuclétudes, Sodern, etc.). Les fournitures principales font désormais l'objet de plans d'acquisition visant à favoriser la mise en concurrence pour réduire les coûts.

L'intégration au sein d'une société transnationale d'activités stratégiques nécessite des précautions particulières. C'est ainsi qu'une convention garantissant le contrôle et l'autonomie des activités relatives aux missiles balistiques a été négociée lors de la cession des parts de l'Etat dans Aerospatiale Matra. Une convention analogue est en cours de préparation pour les activités relatives aux missiles à statoréacteurs, en prévision de l'intégration d'Aerospatiale Matra Missiles au sein de MBDA.

La préparation de l'avenir

Le plan prospectif à 30 ans fournit le cadre des actions de préparation de l'avenir. Deux grandes échéances doivent être distinguées. A moyen terme (vers 2005-2006), il s'agit de préparer une évolution raisonnable de la menace et du besoin, d'identifier de nouvelles pistes de réduction des coûts, notamment de MCO, d'identifier et de maintenir les compétences étatiques et industrielles qui devront subsister au terme des développements en cours. A plus long terme, après 2015, il s'agit de préparer, si nécessaire, d'éventuelles évolutions ou opérations de rénovation en cours de vie des missiles M51 et ASMPA, voire, au-delà, de préparer leurs successeurs.

Dans cette perspective, les principaux axes d'études amont identifiés aujourd'hui concer-

nent les aides à la pénétration, le durcissement, l'optimisation des propulseurs, l'hyper-vitesse, les senseurs inertiels de haute performance, ainsi que les techniques de recalage de navigation.

La nouvelle frontière

En poursuivant deux programmes ambitieux de renouvellement des missiles mis en œuvre par ses forces nucléaires, la France s'efforce de conserver une capacité exceptionnelle à laquelle aucun autre pays européen ne peut prétendre aujourd'hui. L'exercice devient cependant de plus en plus ardu pour trois raisons :

- les contraintes budgétaires conduisent à comprimer à l'extrême les marges techniques, financières et calendaires alors que les défis technologiques sont au moins aussi difficiles ;
- les principaux acteurs industriels restent en situation de monopole mais appartiennent désormais à des sociétés transnationales qui ne sont plus soumises à la tutelle directe de l'Etat. Ce dernier, par ailleurs, n'est plus nécessairement un client privilégié. Ces évolutions se traduisent, pour l'industrie, par des exigences accrues de rentabilité, qui rendent plus âpres les négociations des contrats et de leurs éventuelles évolutions en cours d'exécution, dans un contexte de budgets resserrés et incertains ;
- l'évolution des pratiques et des structures de contrôle de la sûreté nucléaire de défense ⁽⁴⁾ se traduit par un renforcement progressif des exigences des autorités de sûreté.

Ces éléments précisent la "nouvelle frontière" dessinée par Daniel Reydellet en 1996 ⁽⁵⁾. Face à ces difficultés croissantes, motivation, compétences, organisation et persévérance restent plus que jamais les clés du succès.

⁽⁴⁾ Cf. article de M. Emmanuel Duval dans le même numéro.

⁽⁵⁾ Histoire des missiles nucléaires français - Daniel Reydellet - n° 55 - décembre 1996 - janvier 1997.

La Direction du programme d'ensemble Cœlacanthe

par Michel BONNOTTE, ingénieur général de l'armement
Directeur de programme d'ensemble Cœlacanthe - Service des programmes navals

The article describes the complexity involved in the complete Cœlacanthe programme. The most significant task is, of course, the control of interfaces, along with coordination of safety reviews. Interactions between the missile and SSBN programmes have attracted particular attention in the light of the technical complications inherent in the subject. Developments in programme management methods since the start of the Cœlacanthe project are also described.

La DGA vient de fêter son quarantième anniversaire. Le trentième anniversaire du 1^{er} tir de missile effectué à partir du Redoutable doit également être mentionné. Ces deux événements ne sont pas indépendants puisque, faut-il le rappeler, la DGA a été créée en 1961 – elle s'appelait alors DMA – pour fédérer les activités destinées à doter la France d'une force de dissuasion nucléaire.

Pour ce qui concerne la composante océanique, il s'agissait alors de piloter quatre programmes majeurs :

- le programme naval constitué des SNLE et de leur système de soutien ;
- les vecteurs ⁽¹⁾ ;
- la propulsion nucléaire ;
- les têtes nucléaires ⁽¹⁾.

Ces deux derniers programmes étaient conduits en partie sous la responsabilité du CEA, dépendant du ministère de l'Industrie. Aussi a-t-il fallu mettre en place l'organisation et les moyens pour coordonner ces programmes dont l'ensemble prit le nom de projet "Cœlacanthe".

Le besoin de coordination apparaissait à l'époque d'autant plus nécessaire que les premières tentatives pour concevoir et réaliser le premier sous-marin à propulsion nucléaire s'étaient soldées par un échec. Le *Q244* a dû en effet être arrêté, alors que les fabrications avaient largement commencé, quand le projet a été estimé non viable comme suite à l'incompatibilité des dimensionnements entre la chaufferie nucléaire, conçue en suivant la filière graphite gaz, et la coque du sous-marin.

L'organisation Cœlacanthe s'appuyait sur les maîtres d'œuvre des quatre programmes ci-dessus. Le maître d'œuvre du programme naval était également maître d'œuvre principal du projet Cœlacanthe (MOP Cœlacanthe), lequel était chargé de la coordination de l'ensemble du programme sous tous ses aspects, avec toutefois des responsabilités plus limitées en matière financière. Ces points ont quelque peu évolué comme nous le verrons plus loin.

En revanche, une remarquable continuité est de règle dans d'autres domaines. C'est ainsi que, depuis l'origine, les activités sont présentées régulièrement devant le comité directeur Cœlacanthe présidé par le Délégué général pour l'armement et en présence du

(1) L'association d'un vecteur et des têtes nucléaires constituant un missile MSBS.

chef d'Etat-major de la Marine. Les grandes orientations sont données à cette occasion mais certaines décisions relèvent directement du ministre de la Défense ou du conseil de défense, en particulier le calendrier d'ensemble.

Cette organisation a montré toute son efficacité puisque, dès 1971, le premier missile d'exercice *MI* était tiré à partir du *Redoutable*. Ce succès ne résulte pas uniquement de l'organisation choisie. Les autres facteurs favorables ont été :

- la forte volonté politique pour soutenir le projet ;
- la méthodologie suivie pour limiter au strict nécessaire les risques techniques ;
- la confiance mutuelle des participants qui a permis de trouver les compromis au niveau des programmes.

La situation a évolué depuis cette époque sous de nombreux aspects.

Aujourd'hui, le programme des SNLE type *Le Triomphant* est au stade de réalisation. Le nouveau missile *M51*, qui devra progressivement être installé sur ces sous-marins vers 2010, est en phase de développement. Les futures têtes nucléaires qui équiperont ces missiles dans le milieu de la prochaine décennie sont encore au stade de faisabilité. C'est dire que ces missiles doivent être compatibles des têtes actuelles comme des futures.

Cette disparité au niveau des programmes conduit à fixer de façon incontournable certaines données d'entrée afin que les modifications induites sur les matériels existants restent dans un périmètre bien défini.

La façon de conduire les programmes a radicalement changé à partir de 1992. La DGA a bien séparé dans le secteur naval les responsabilités étatiques des activités industrielles. La terminologie MOP a encore été utilisée, mais l'acronyme signifie maintenant "maître d'ouvrage principal" pour bien marquer le rôle étatique de la direction de programme d'ensemble.

La séparation des responsabilités étatiques et industrielles a eu un impact important sur la façon de traiter les interfaces entre programmes. Celles-ci doivent en effet être gérées :

- au niveau des industriels dans le cadre de leurs contrats respectifs ;
- au niveau des directions de programme pour s'assurer de la cohérence entre les différentes spécifications et suivre leur évolution.

La gestion des programmes est maintenant bien connue et maîtrisée. En particulier, les instructions 1514 et 800 en précisent parfaitement toutes les principales modalités. Une plus grande participation des états-majors permet en outre de mieux prendre en compte les aspects opérationnels dans la conduite des programmes.

Le domaine des interfaces est en revanche plus délicat et plus difficile à cerner, mais tout aussi essentiel. Il existe en effet plusieurs types d'interfaces.

Les interfaces physiques permettent que deux composants différents puissent être associés. Dans le cas du projet *Coelacanth*, les interfaces physiques sont le plus souvent également fonctionnelles. L'exemple le plus caractéristique est celui du missile et du sous-marin. Il faut non seulement prendre en compte l'emport de missiles en installant à bord les systèmes de stockage et de surveillance, avec des conditions particulières d'environnement pour les missiles, mais aussi prévoir l'éjection des missiles sous l'eau, ne serait-ce que pour les tirs d'exercice. Or le lancement d'un missile sous l'eau suppose qu'il n'y ait aucune agression, ni du missile ni du sous-marin, lors de cette opération. Il faut donc s'assurer que toutes les conditions rencontrées sont bien compatibles et du lanceur et du missile.

Certaines interfaces sont plus simples et consistent principalement à assurer des rendez-vous de calendrier. Par exemple, les travaux d'entretien lourd des sous-marins

doivent être réalisés dans un bassin existant mais devant être aménagé pour le SNLE de nouvelle génération. Ce bassin doit donc être prêt pour accueillir le premier sous-marin du type pour y effectuer l'entretien programmé à l'issue d'une période bien définie d'utilisation.

Par ailleurs, la gestion des interfaces inclut un grand nombre de tâches :

- définition des frontières entre programmes (qui fait quoi ?) ;
- identification et définition des interfaces (fourniture de l'ensemble des caractéristiques permettant de décrire l'interface. Certaines données peuvent être fixées à l'intérieur de fourchettes) ;
- optimisation globale afin d'améliorer les performances, réduire les coûts ou les risques, etc. ;
- suivi et gestion (établissement des dossiers justificatifs, historique des décisions).

Le programme Cœlacanthe comprend à l'heure actuelle 8 programmes ou opérations non érigées en programmes. Outre les 4 programmes déjà mentionnés, il faut citer :

- les transmissions ;
- l'entretien des SNLE (il existe une forte imbrication entre le maintien en condition opérationnelle et le programme de construction des SNLE pour assurer une permanence à la mer) ;
- les infrastructures pour assurer, entre autres, le soutien à terre ;
- l'adaptation des SNLE au futur missile M51 (redéfinition de toutes les installations embarquées nécessaires à l'emport et au lancement des M51).

Tous ces programmes, à l'exception des transmissions et de la propulsion nucléaire qui ne sont liées qu'aux sous-marins, sont interfacés entre eux. Il existe ainsi $\frac{6 \times 5}{2} + 2 = 17$ interfaces à gérer.

Une des grandes difficultés consiste à concilier, d'une part, la conservation du nécessaire consensus pour mener à bien le programme d'ensemble, d'autre part, la gestion rigoureuse propre à chaque programme sous contrainte budgétaire forte.

Tout cela suppose donc un très grand nombre de réunions de concertation et de décisions, à différents niveaux, afin d'examiner en commun les problèmes d'interfaces et de statuer sur la suite à donner.

Enfin, le directeur de programme d'ensemble est chargé de la coordination de l'établissement des dossiers de sûreté, lesquels doivent prendre en compte : la chaufferie nucléaire ; les vecteurs en tant que système pyrotechnique ; les têtes nucléaires ; les autres armes du sous-marin ; les installations de soutien à terre et la sûreté mutuelle (agression d'un système par un autre).

Au fil des ans, les fonctions du directeur de programme d'ensemble ont dû s'adapter aux évolutions de la DGA. L'organisation Cœlacanthe a largement fait ses preuves et tous les coopérants reconnaissent la nécessité d'une coordination d'ensemble. Néanmoins, toutes les conséquences résultant du nouveau contexte apporté par la contractualisation doivent être analysées. La mise à disposition d'une force de dissuasion océanique constituait, il y a quarante ans, un véritable défi technique. Aujourd'hui la rénovation et l'amélioration des performances demandées dans un contexte budgétaire difficile reste une tâche ambitieuse. L'expérience et le savoir-faire ne sont pas suffisants pour garantir le succès : il faut continuer à identifier les difficultés qui restent à résoudre pour prendre les décisions appropriées. C'est en s'adaptant ainsi en permanence aux nouvelles conditions d'environnement que la DGA relèvera le défi permanent que constitue la rénovation de la FOST.

Les SNLE

Par Pierre Quinchon, ingénieur général de l'armement
Directeur de la branche "constructions neuves" de DCN

Since the first operational deployment of the Redoutable at the beginning of 1972, French nuclear submarines have without interruption been participating in the provision of a permanent nuclear deterrent. The DCN (Naval Construction Directorate) has been largely responsible for this success as prime contractor, designer and builder of the submarines. Eight SNLE have thus been built at Cherbourg, of three successive generations, with the ongoing aim of maintaining the invulnerability of the "cutting edge" of our deterrence. Two more are now under construction, including Le Terrible, the fourth Le Triomphant-class SNLE, which will be equipped with the M51 missile currently under development.

Depuis la première patrouille opérationnelle du *Redoutable* début 1972, les sous-marins nucléaires français participent sans faillir à la permanence de la dissuasion nucléaire. A l'origine de cette réussite, DCN est le maître d'œuvre, le concepteur et le constructeur des sous-marins. Huit SNLE ont ainsi été construits à Cherbourg, de trois générations successives, avec l'objectif constant de maintenir l'invulnérabilité de la "pointe de diamant" de la dissuasion. Deux autres sont en construction, dont *Le Terrible*, quatrième SNLE type *Le Triomphant*, qui sera équipé du missile *M 51* en cours de développement.

SNLE Le Redoutable (DCN/Cherbourg)

On ne parle jamais des trains qui arrivent à l'heure...

Depuis bientôt quarante ans, la France conçoit, construit et maintient en conditions opérationnelles les sous-marins nucléaires lanceurs d'engins qui sont nécessaires pour assurer la composante navale de la force nationale de dissuasion. Depuis trente ans, à quelques rares exceptions anecdotiques près

(on évoque à mots couverts l'appendicite d'un médecin embarqué...), les sous-marins partent et reviennent à l'heure prévue. Depuis trente ans, la FOST, la Force Océanique Stratégique, respecte le "contrat" que lui a passé le gouvernement de notre pays, en assurant la présence à la mer des SNLE en nombre suffisant, conformément à la "posture" spécifiée.

On n'en parle guère, comme on ne parle jamais, c'est bien connu, des trains qui arri-

vent à l'heure. C'est pourtant d'une formidable aventure technique et industrielle qu'il s'agit, à la hauteur des grands projets tels *Concorde*, *Ariane* ou *Airbus*.

La revue *L'ARMEMENT* évoque quelques-uns des enjeux et défis que notre pays a su ainsi relever : la navigation inertielle, la propulsion des missiles balistiques et leur lancement depuis les sous-marins. D'autres mériteraient sûrement d'être soulignés. On citera le développement de la propulsion nucléaire et du PAT, le prototype à terre qui a permis sa maîtrise ⁽¹⁾ et la formation initiale des équipages de SNLE.

Il en est un que l'on souligne rarement, parce qu'il semble naturel : c'est le pari relevé et gagné par les équipes (essentiellement de DCN ⁽²⁾) qui ont conçu et construit les sous-marins eux-mêmes, et en assurent l'entretien.

Un objectif essentiel : l'invulnérabilité

Le choix de faire reposer la part essentielle de la dissuasion sur une composante embarquée sur sous-marins à propulsion nucléaire n'est pas une idée française. Les Etats-Unis ont été les précurseurs à la fin des années cinquante, l'URSS, la France et la Grande-Bretagne ont suivi dix ans plus tard, et la Chine à son tour a retenu le concept.

Le sous-marin à propulsion nucléaire, lanceur de missiles, apporte en effet un avantage considérable par rapport aux autres "porteurs" de l'arme nucléaire, tout simplement parce que c'est un sous-marin, ensuite parce qu'il est nucléaire, enfin parce qu'il lance des missiles balistiques (les "engins"). Un avantage qui peut se résumer en un mot : l'invulnérabilité. Invulnérabilité du sous-marin d'abord, quasiment indétectable à distance dès qu'il navigue en plongée, ce que la propulsion nucléaire lui permet depuis les années cinquante de faire pendant des durées considérables. Invulnérabilité des missiles balistiques ensuite, du fait de leur portée et de leurs performances.

L'invulnérabilité quasi totale des sous-marins ne sera battue en brèche qu'à la fin des années 70, avec les très importants perfectionnements des moyens de détection acoustique sous-marine passive, et imposera le développement de nouvelles générations de sous-marins, telles les classes *Ohio* aux Etats-Unis et *Vanguard* en Grande-Bretagne, ou les SNLE type *Le Triomphant* en France.

Maître d'œuvre et constructeur

Quand le Général de Gaulle a choisi de doter notre pays d'une "force de frappe" à trois composantes dont l'une embarquée sur sous-marins à propulsion nucléaire, il a pris un risque. La France était certes depuis longtemps une nation majeure en matière de sous-marins ⁽³⁾, mais seuls les Etats-Unis avaient franchi depuis le *Nautilus* le pas de la propulsion nucléaire, et seuls les Etats-Unis et l'URSS maîtrisaient la technique des missiles balistiques, et *a fortiori* leur embarquement sur sous-marins.

La décision de confier à DCN la maîtrise d'œuvre de conception et réalisation des sous-marins nucléaires allait de soi : personne en France ne l'aurait contestée. Mais on oublie bien souvent que la décision de construire ces sous-marins- et d'abord *Le Redoutable* qui a été le prototype de la première génération- à ce qu'on appelait alors l'arsenal de

⁽¹⁾ On lira sur ce sujet avec profit le texte de la conférence prononcée le 25 octobre 1999 par Jacques Chevallier à l'occasion du colloque consacré au centenaire du sous-marin, à Cherbourg-Octeville. Les actes de ce colloque sont disponibles auprès du service Information/ Communication de DCN Cherbourg.

⁽²⁾ D'abord DCCAN, direction centrale des constructions et armes navales intégrée à la Marine nationale, ensuite DTCN, direction technique des constructions navales à la création de la DMA (qui deviendra elle-même DGA), ensuite Direction des constructions navales, la DCN est devenue le service à compétence nationale DCN au printemps 2000.

⁽³⁾ Dès la deuxième moitié du XIX^e siècle, ce sont des ingénieurs français comme Dupuy de Lôme, Gustave Zédé ou Maxime Laubeuf, qui ont établi la théorie et construit les premiers sous-marins "militaires".

Cherbourg, était une décision hardie qui n'allait pas de soi.

Deux sites, et donc deux "industriels", étaient en concurrence.

Le premier, Cherbourg, avait l'expérience et le savoir-faire de la construction sous-marine classique. Il l'avait confirmé avec la réalisation après guerre des programmes de sous-marins types *Narval* puis *Aréthuse*. Mais si Cherbourg maîtrisait *a priori* la technologie, cet établissement n'avait pas l'expérience de la construction de grands sous-marins ⁽⁴⁾. Or les premières esquisses du *Redoutable* conduisaient à un tonnage voisin de 10 000 tonnes en plongée.

Le deuxième site envisagé était Saint-Nazaire, qui venait de terminer, avec le succès que l'on connaît, la construction du paquebot France, et disposait de toutes les infrastructures nécessaires pour construire de grands navires, *a priori* des compétences correspondantes. Il commençait alors la traversée du désert qui durera jusqu'à la fin des années 90.

On raconte que le directeur de l'établissement de Cherbourg eut alors des mots assez convaincants pour emporter la décision au profit du site du Cotentin ⁽⁵⁾.

Le Redoutable

Le premier des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins français, *Le Redoutable*, a été mis sur cale à Cherbourg en novembre 1964.

⁽⁴⁾ À l'exception du sous-marin Surcouf, construit à Cherbourg avant guerre, qui déplaçait plus de 3 500 tonnes en plongée, embarquait un hydravion stocké dans un caisson résistant et disposait d'un canon, mais qui ne démontra jamais de réelles capacités militaires et disparut tragiquement en 1942 dans un abordage au large de Cuba.

⁽⁵⁾ Dans le même temps, le directeur de l'établissement d'Indret faisait prendre à l'ancienne "usine" le virage de la propulsion nucléaire. Avec quelques décennies de recul, on est en droit de se demander ce que serait devenu DCN sans ces deux orientations industrielles cruciales.

⁽⁶⁾ Sous le commandement du capitaine de frégate Bernard Louzeau, plus tard amiral, chef d'état major de la Marine.

Les principes de construction étaient à l'époque très simples : on réalisait sur cale inclinée l'ensemble de la coque du futur sous-marin, en prenant le soin de placer dans cette coque des brèches rectangulaires ; on procédait alors au lancement de cette coque, quasiment vide, et on "achevait" ensuite le sous-marin dans un bassin de l'arsenal, en embarquant les matériels, en réalisant les liaisons (câbles électriques, tuyauteries, gaines de ventilation), en procédant aux mises en route et aux essais des multiples installations qui permettent au sous-marin d'être tout à la fois un navire capable de plonger et de faire surface, un lieu de vie pour un équipage de cent trente personnes, une centrale nucléaire et, « *last but not least* », le plateau d'Albion "embarqué". C'était très simple mais compliqué à gérer, d'abord pendant la première période où des prodiges étaient nécessaires pour respecter un référentiel navire par nature horizontal dans un chantier incliné de quelques degrés, ensuite pendant la phase d'achèvement où les opérations d'embarquement du matériel, malgré l'existence des brèches déjà citées, tenaient beaucoup du montage d'un trois mâts dans une bouteille.

Le Redoutable a été lancé le 29 mars 1967 en présence du général De Gaulle, Président de la République et de Pierre Messmer, Ministre des Armées. Il a pris "armement pour essais" le 27 avril 1968, il a embarqué son cœur nucléaire le 25 janvier 1969 et a procédé à la première divergence de son réacteur un mois plus tard, le 26 février. Les essais à la mer ont débuté en juin ⁽⁶⁾, et il a été présenté aux essais officiels le 2 juillet 1969.

Le Redoutable a commencé ainsi ses essais à la mer quatorze ans après le jour où Anderson, premier commandant du *Nautilus*, envoya à l'amirauté américaine le fameux message « *underway on nuclear power* ».

Admis au service actif le 1^{er} décembre 1971, il a effectué sa première patrouille opérationnelle au début de 1972.

D'un déplacement en surface de 7 900 tonnes et 9 000 tonnes en plongée, *Le Redoutable* mesurait 128,70 mètres de long pour 10,60 mètres de largeur et un tirant d'eau de 10 mètres. Très rapide en plongée, capable d'atteindre une immersion très importante pour l'époque, ce sous-marin emportait un armement stratégique de seize missiles balistiques M1 à tête mégatonnique, susceptibles d'être lancés en plongée, d'une portée de l'ordre de 3 000 kilomètres.

Le Redoutable a été retiré du cycle opérationnel le 5 février 1991, au retour de sa 58^{me} patrouille opérationnelle. Il a été désarmé à Cherbourg en décembre 1991 pour y être démantelé. En vingt ans de bons et loyaux services, il aura passé 3 469 journées en mer et 83 500 heures de plongée.

Il entame maintenant une nouvelle carrière à la Cité de la mer de Cherbourg, où transformé en musée "vivant" il pourra être visité dès l'été 2002 dans l'état exact où il était quand le dernier homme d'équipage a quitté le bord, à l'issue de la dernière patrouille.

Le Redoutable a été le prototype et le premier d'une série de cinq sous-marins : *Le Terrible*, *Le Foudroyant*, *L'Indomptable* et *Le Tonnant* ont été respectivement opérationnels en 1972, 1974, 1976 et 1980.

L'Inflexible

La réalisation d'un sixième sous-marin du type du *Redoutable* fut décidée en avril 1974, mais sa construction fut interrompue pendant deux ans de 1976 à 1978. Ces deux années ont été mises à profit pour décider que *L'Inflexible* emporterait dès l'origine le missile M4 à têtes multiples en cours de développe-

SNLE L'Inflexible - sortie de forme (DCN)

ment. Mis sur cale le 27 mars 1980, lancé le 23 juin 1982, présenté aux essais officiels le 28 avril 1984, et "admis au service actif" le 1^{er} avril 1985, *L'Inflexible* a des caractéristiques générales semblables à celles des cinq précédents SNLE. La conception et la réalisation d'un certain nombre de systèmes ont été cependant entièrement revues, qu'il s'agisse des transmissions, des installations de détection sous-marine, ou naturellement de la mise en œuvre des missiles balistiques. Les installations traditionnelles de la plate-forme propulsée n'ont pas non plus échappé à cette remise à niveau. L'appareil à gouverner fut ainsi entièrement refondu, la discrétion acoustique des installations très sensiblement améliorée, et la sécurité renforcée, qu'il s'agisse de la sécurité en plongée ou de la sécurité nucléaire.

L'Inflexible est opérationnel depuis le 1^{er} avril 1985.

Les sous-marins de la génération précédente ont ensuite été refondus de 1986 à 1993 pour être alignés sur *L'Inflexible* : *Le Terrible* et *Le Tonnant* à Cherbourg, *Le Foudroyant* et *L'Indomptable* à Brest.

Le Terrible, *Le Foudroyant* et *Le Tonnant* ont été retirés du service actif, et sont en cours de démantèlement à Cherbourg, à des stades divers de réalisation.

La nouvelle génération de SNLE (7)

A l'automne 1981, le Conseil de Défense présidé par François Mitterrand décidait le principe de la mise en service, au milieu de la décennie 90, d'un sous-marin de type nouveau, aux performances supérieures, tout particulièrement en matière de discrétion acoustique globale. La nouvelle génération de SNLE, du type *Le Triomphant* était née.

Les progrès considérables survenus à la fin des années 1970 en matière de détection sous-marine nécessitaient de repenser la discrétion acoustique et les installations de détection des sous-marins : il s'agissait de maintenir, à l'échéance des premières années du XXI^e siècle, l'"avantage acoustique" de nos SNLE face à leurs adversaires potentiels, et ainsi de conforter la quasi-invulnérabilité de la composante navale de la dissuasion, dont on a vu qu'elle en est le principe essentiel.

Le développement de cette nouvelle génération de SNLE pouvait se résumer en quatre objectifs clairs :

- diviser par mille la puissance acoustique émise, soit réduire de trente décibels le bruit rayonné ;
- multiplier par dix les capacités d'écoute du sonar ;
- doubler pratiquement l'immersion maximale de service ;
- augmenter sensiblement (50 %) la durée de service opérationnel entre deux "IPER" (ou grands carénages).

La réalisation de ces objectifs a nécessité des travaux considérables de recherche et de développement dans tous les domaines de la technologie, de l'informatique à l'électricité ou la métallurgie, de l'hydrodynamique à

l'électronique, de la biologie à l'acoustique. Plus de quatre mille entreprises de tailles diverses ont été impliquées, pendant près de quinze années.

Pour ce qui est de DCN, qui en a assuré la maîtrise d'œuvre, les études de la nouvelle génération de SNLE ont débuté en 1981. C'est en décembre 1985 qu'a été adopté l'avant-projet qui allait devenir le SNLE type *Le Triomphant*. Les études de définition se sont achevées pour l'essentiel huit ans plus tard, à l'été 1993. Elles ont conduit à la réalisation de près de 100 000 plans.

D'une longueur de 138 mètres pour un diamètre de 12,5 mètres et un déplacement en surface de 12 640 tonnes et 14 120 tonnes en plongée, le SNLE type *Le Triomphant* dispose d'un équipage de 111 hommes sur 240 m² de surface habitable. Son armement stratégique est composé de 16 missiles *M 45*. Pour son autodéfense, il emporte des torpilles et des missiles *SM 39* à changement de milieu.

Le SNLE type *Le Triomphant* a un déplacement sensiblement supérieur à la génération précédente. C'est pour l'essentiel le "prix" qu'il a fallu payer pour atteindre les objectifs de discrétion acoustique, particulièrement ambitieux (8). Mais toutes choses égales par ailleurs, le SNLE type *Le Triomphant* est aussi plus "économique" que ses prédécesseurs. Ce résultat est la conséquence des nouveaux moyens de production investis sur le site de Cherbourg, et des nouvelles méthodes (construction à l'horizontale, par sections ouvertes largement aux extrémités) qui ont permis d'améliorer sensiblement la productivité. Sensible dès la construction du *Triomphant*, il a été amplifié avec la construction du *Téméraire*, et celle, en cours, du *Vigilant*.

Le Triomphant

Le Triomphant est le prototype et le premier sous-marin nucléaire lanceur d'engins de la nouvelle génération (SNLE NG). Sa première tôle a été découpée le 30 octobre 1986. Il a

(7) Pour en savoir plus, on lira avec profit l'ouvrage « *Le Triomphant* », écrit par l'auteur en commun avec le premier commandant, le capitaine de vaisseau (aujourd'hui amiral) François Dupont, et illustré de remarquables photographies de Natacha Hochman (éditions Du Perron, 1994).

(8) Le principe général d'architecture retenu étant celui "du sous-marin dans le sous-marin", le premier étant suspendu à l'intérieur du second.

été mis sur cale dans le nouveau chantier Maxime Laubeuf le 9 juin 1989. Il en est sorti quatre ans plus tard pour rejoindre l'ouvrage "Cachin", dispositif de mise à l'eau, les 12 et 13 juillet 1993 à l'aide de 34 robots marcheurs.

Il a commencé ses essais le 15 avril 1994 et a été "admis au service actif" à Brest le 21 mars 1997.

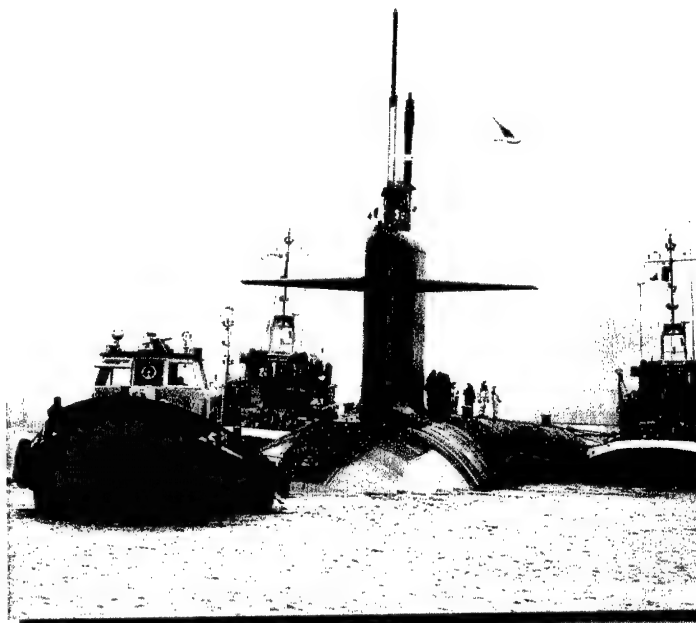
Sa construction est suivie par celle de trois autres sous-marins du même type : *Le Téméraire* qui a été admis au service actif en 1999, le *Vigilant* et le *Terrible* (qui a ainsi repris le nom de son prédécesseur de la génération du *Redoutable*), tous deux en construction à Cherbourg.

Le ministre de la Défense a en effet notifié le 28 juillet 2000 le contrat de développement et de construction du quatrième sous-marin nucléaire lanceur d'engins type *Le Triomphant*. Ce contrat est le plus important que DCN ait négocié avec son donneur d'ordre étatique, la DGA. Il est emblématique des nouveaux modes de relations entre la DGA et DCN.

Le Terrible, "deuxième SNLE du nom", bénéficiera des dernières évolutions en matière technologique, en particulier le système d'exploitation tactique (SET) qui sera pour l'essentiel commun avec le système de combat développé pour la nouvelle génération de sous-marins d'attaque type *Barracuda*. Il embarquera dès sa construction le futur missile balistique *M 51*.

Quel avenir pour les SNLE ?

Près de quarante années ont passé depuis la décision de doter notre pays d'une capacité



SNLE Le Téméraire (DCN/Cherbourg)

de dissuasion atomique s'appuyant sur des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins.

Aujourd'hui, quel avenir pour les SNLE ?

Car si le concept même de la dissuasion nucléaire ⁽⁹⁾ a sans doute encore de beaux jours devant lui, quels vecteurs seront demain les plus à même de l'assurer ? Les missiles balistiques resteront-ils la réponse appropriée au besoin ? Quel avenir pour la propulsion nucléaire, avec le développement continu des sensibilités écologiques antinucléaires, et avec peut-être l'apparition de nouveaux modes de propulsion tels les piles à combustibles ou les moteurs à combustion en circuit fermé ?

Quelle que soit la réponse à ces questions, une chose semble sûre : les sous-marins resteront pour longtemps le porteur d'excellence de l'arme de dissuasion. C'est une chance pour notre pays, et sans aucun doute une chance pour l'Europe, que la France ait su à elle seule, sans l'aide de personne, concevoir

⁽⁹⁾ Nationale, européenne concertée, européenne partagée ?

et réaliser des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins qui peuvent être comparés sans rougir aux meilleures réalisations connues.

Le passé répond de l'avenir...


Quels enseignements tirer de la réalisation des SNLE français ?

La conception et la construction des dix sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, des trois générations du *Redoutable*, de *L'Inflexible* et enfin du *Triomphant*, ont tout compte fait été marquées par cinq lignes de force essentielles :

- des objectifs clairs et constants,
- une organisation parfaitement lisible et des responsables identifiés : l'organisation Coelacanthé, évoquée dans un autre article de cette livraison de la revue *L'ARMEMENT*,
- des équipes compétentes à qui leurs chefs faisaient confiance et qui ont eu les moyens de travailler, la volonté d'aboutir de tous les acteurs,
- enfin, un travail en commun permanent entre concepteurs, constructeurs et futurs utilisateurs.

A l'heure où DCN, maître d'œuvre des programmes de SNLE depuis leur origine, se lance dans un autre challenge très ambitieux

avec sa transformation en entreprise de plein exercice début 2003, il n'est pas inutile de s'en souvenir.

Pour réussir ce projet, nul doute que DCN saura s'appuyer sur ces valeurs: clarté et constance des objectifs, mobilisation des compétences, volonté d'aboutir, travail en équipe avec tous les acteurs, et ils sont nombreux bien au-delà du seul ministère de la Défense. Comme le disait Tocqueville au siècle dernier : « *Si les Français qui firent la révolution étaient plus incrédules que nous en fait de religion, il leur restait au moins une croyance admirable : ils croyaient en eux-mêmes* ». 



SNLE Le Triomphant (DCN)

Les armes nucléaires

par Alain DELPUECH, Directeur des Applications militaires au Commissariat à l'Énergie atomique

Guarantee of nuclear weapons reliability and safety is one of the paramount requirements to maintain the capability of the French deterrent. Cessation of nuclear testing and CTBT signature were decisions that have led to redefine the roadmap to achieve such a goal. In this context, DAM has proposed a strategy of renewal for present nuclear weapons, whose indissociable foundations are the use of robust designs tested during the last campaign and the implementation of the Simulation Program. Approved by the political and military authorities, this strategy will rest, in order to cope with operational needs, on the evolution of technological competence, as developed for previous weapon systems, and on a well proven expertise for system integration.

La signature et la ratification par la France du Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE) ont été réalisées après que notre pays ait mené à son terme, avec succès, la dernière campagne d'essais (septembre 1995 – janvier 1996). S'étant ainsi engagé à ne plus tester, même à faible énergie, les armes de la dissuasion, notre pays devait néanmoins se donner les moyens d'en assurer la pérennité et d'en garantir la fiabilité et la sûreté. Les armes actuelles dont sont dotées les deux composantes, océanique et aéroportée, sont respectivement la TN 75 et la TN 81. C'est dans un contexte nouveau que leur remplacement doit maintenant être prévu, dans le cadre de la "suffisance" qui est au cœur de notre concept. Compte doit aussi être tenu de l'arrêt de la production des matières fissiles (en 1993, pour le plutonium de qualité militaire, et en 1996, pour l'uranium hautement enrichi). L'échéance de ce remplacement est celle de la garantie que peut apporter la DAM, en l'absence d'essais, pour les deux types d'armes existants, à la fois en tant que systèmes et en tant qu'objets individuels.

Le renouvellement des armes en service est une nécessité

La conception des charges qui équipent aujourd'hui nos deux composantes a été réalisée dans un souci d'optimisation très poussée des performances (énergie, masse, volume...). Ce sont, pour cette raison, des objets sophistiqués dont les marges de dimensionnement ont été réduites au strict minimum, rendant leurs performances très sensibles à de faibles variations des caractéristiques de leurs composants. La garantie du bon positionnement de leur point de fonctionnement a été apportée par les essais nucléaires.

Or, les armes vieillissent et les caractéristiques technologiques de leurs composants évoluent, au risque de sortir du domaine de fonctionnement validé. Certaines de ces évolutions ne peuvent être maîtrisées par des pratiques relevant de la maintenance. C'est le cas, en particulier, de l'évolution des propriétés mécaniques et thermiques des matériaux nucléaires qui constituent la charge sous l'effet de leur propre radioactivité naturelle.

L'impossibilité d'avoir recours aux essais nucléaires pour évaluer l'influence d'évolutions de ce type sur la sûreté et le fonctionnement des armes actuellement en service subordonne la pérennité de leur garantie à des modélisations, validées par des expérimentations par parties, dont

l'extrapolation ne peut être effectuée sans prudence. En l'état actuel de nos travaux, il ne semble pas possible de tabler sur une durée de vie supérieure à vingt ans pour la *TN 75* et la *TN 81*.

Ces faits expliquent la décision de renouveler les charges actuelles à l'échéance de leur vingtième anniversaire.

Principes d'une stratégie de renouvellement sans essais nucléaires

Une première réponse à cette nécessité aurait pu être la simple refabrication à l'identique des systèmes en service. Une telle solution suppose que l'on puisse affirmer que les nouveaux objets reproduisent avec une extrême fidélité le modèle original. Force est de constater, dans le domaine des armes nucléaires comme dans les autres, que les évolutions technologiques, singulièrement pour ce qui concerne les matériaux et les composants, si elles conduisent souvent à une amélioration des propriétés recherchées, n'en garantissent nullement l'exacte reproduction ; cet obstacle est d'autant plus marqué que le point de fonctionnement recherché est sensible aux faibles variations. A cela vient s'ajouter l'impossibilité de garantir le respect de paramètres fonctionnels "cachés" qui étaient, par le passé, validés dans leur globalité par les essais nucléaires. Seuls ces derniers permettraient le succès de la reproduction à l'identique avec le niveau de certitude que requiert le nucléaire : cette solution de refabrication ne peut donc être aujourd'hui retenue.

Il devient ainsi impératif de bâtir une stratégie alternative en partant de l'absolue nécessité de se donner les moyens de la garantie. Cette démarche constitue une rupture nette avec le passé. En effet, alors que pour tous les systèmes d'armes réalisés à ce jour, les travaux sur les têtes nucléaires ont été menés dans le souci permanent d'une

optimisation des solutions technologiques afin d'obtenir des caractéristiques opérationnelles, pour les systèmes futurs, seules pourront être adoptées les solutions dont on pourra affirmer sans essais nucléaires que leur prise en compte satisfait aux contraintes de sécurité et de fiabilité de l'arme. Cette démarche – nouvelle – exclut par nature la mise au point de nouveaux concepts d'armes ; elle ne permet que la déclinaison de grands principes de conception validés par les essais de 1995-1996.

Il importe de noter ici que cette stratégie alternative doit prendre en compte l'évolution des exigences de sûreté : les armes futures doivent être, devront être et seront encore plus sûres que celles actuellement en service.

Charges robustes et programme simulation

Deux résultats doivent être obtenus pour que cette stratégie de renouvellement permette de répondre au besoin :

- être en mesure de réaliser des objets dont le domaine de fonctionnement soit capable d'absorber les dérives ou ajustements des caractéristiques de ses constituants ;
- disposer des moyens de contrôler, pendant toute leur durée de vie, l'innocuité des altérations inévitables de ces mêmes caractéristiques.

Le premier résultat débouche sur le concept de charge robuste. Il fait appel, par conception, à un schéma particulier de la charge qui autorise des marges de tolérance importantes vis-à-vis des fluctuations des paramètres physiques ou technologiques présidant au fonctionnement de l'arme. Testé sous différentes configurations lors de la dernière campagne d'essais, ce concept a démontré sa pertinence. Il est intrinsèquement de nature à réduire les incertitudes au niveau requis pour que la garantie initiale puisse être donnée.

Il reste toutefois à maîtriser les faibles écarts résultant de la militarisation de la charge de laboratoire testée en 1995-1996 et de la durée de vie des charges militarisées. Ces écarts peuvent avoir pour origine des modifications associées aux contraintes mêmes de développement de la tête (encombrement, évolution des matériaux...) ou des évolutions dans le temps dues au vieillissement. La garantie de cette maîtrise sera apportée à l'aide du programme Simulation. Ce programme est présenté dans l'article suivant ; soulignons, ici, le fait qu'il a été dimensionné dans le contexte d'utilisation de charges robustes.

Charge robuste et programme Simulation forment un tout indissociable dont la cohérence constitue la base de la stratégie de renouvellement des armes nucléaires. La Tête Nucléaire Aéroportée (TNA) entrera ainsi en service en 2007 pour la composante aéroportée, la Tête Nucléaire Océanique (TNO), à son tour, en 2015 sur le missile *M51* dans sa version *M51.2*, pour la composante océanique. Parallèlement se poursuivra le programme Simulation dont l'achèvement est programmé pour 2010, après une montée en puissance cohérente avec le franchissement des différentes étapes (faisabilité, développement et fabrication) de réalisation des deux systèmes futurs. L'échéance de 2010 découle, quant à elle, de l'impératif d'assurer la continuité et la relève des compétences scientifiques indispensables à la garantie des armes : ce sont des hommes qui, en définitive, auront la charge d'apporter cette garantie tout au long de la vie de la TNA et de la TNO.

Robustesse et performances


Une fois la garantie de fiabilité et de sûreté acquise, il importe de conférer aux armes futures les caractéristiques opérationnelles spécifiées. La conception des têtes futures devra intégrer les conséquences de l'utilisation des charges robustes, notamment

l'accroissement de leur masse et de leur volume par rapport aux charges actuelles. Ceci impose des développements importants au niveau :

- de l'architecture des têtes, avec, pour leur intégration, l'objectif de compacité maximale ;
- des fonctions portée et pénétration du corps de rentrée de la composante océanique, avec un objectif ambitieux de réduction de masse dans un cadre de simple reconduction des performances actuelles de durcissement et de furtivité.

A ces contraintes se superposent celles associées aux scénarios d'emploi et à la prise en compte de l'évolution probable, dans les décennies à venir, des défenses à franchir.

L'ensemble de ces considérations fait que le développement des têtes nucléaires futures sera marqué par la nécessité de relever des défis importants dans le domaine des technologies – avec notamment la sélection de matériaux aux performances très ambitieuses – et dans celui de l'ingénierie.

La garantie de fiabilité et de sûreté des armes nucléaires est une des conditions fondamentales du maintien à niveau de la capacité de dissuasion de la France. L'arrêt des essais et la signature du TICE sont des décisions qui ont mené à redéfinir la méthode d'obtention de cette garantie. Dans ce contexte, la DAM a proposé une stratégie de renouvellement des armes actuelles dont les fondements indissociables sont l'emploi de charges robustes testées lors de l'ultime campagne et la mise en œuvre du programme Simulation. Approuvée par les autorités politiques et militaires, cette stratégie s'appuiera, pour répondre au besoin opérationnel, sur l'évolution des compétences technologiques développées pour la mise au point des systèmes d'armes antérieurs et sur une capacité d'intégration système éprouvée. 

Le programme simulation

par Didier BESNARD, Directeur du programme Simulation
Direction des Applications militaires - Commissariat à l'Energie atomique

This paper describes the methodology and the tools developed within the DAM Simulation program. They will allow France to maintain its capacity to guarantee the reliability and the safety of its nuclear weapons, in the absence of underground nuclear tests. The main developments are the DAM weapons numerical simulator, associated with massively parallel computers, AIRIX, a powerful radiographic machine, and the Megajoule laser.

Assurer la garantie de nos armes en l'absence d'essais nucléaires : tel est l'objectif du programme Simulation conduit par la Direction des applications militaires. Pour atteindre cet objectif, la conception des armes futures repose en premier lieu sur l'utilisation de charges robustes (cf. article précédent) dont le fonctionnement a été testé lors de la dernière campagne d'essais de 1995-1996. La simulation sera utilisée pour confirmer l'innocuité des petites variations qui apparaîtront inéluctablement entre le concept testé et la charge opérationnelle, dont les caractéristiques évolueront légèrement en fonction des impératifs de militarisation. Il faudra ensuite pérenniser cette garantie sur le long terme, alors même que les équipes de concepteurs formés grâce aux essais nucléaires seront parties en retraite.

Introduction

Le programme Simulation doit répondre à un double défi : celui de la formation des nouvelles équipes qui seront chargées de

garantir nos armes et celui du développement des outils dont elles auront besoin pour apporter cette garantie. Ceci le structure tant dans son périmètre que dans sa durée :

- l'évaluation et la validation des petites différences entre les concepts testés en 1995-1996 et les charges militarisées demandent à la fois des modèles physiques nouveaux, une puissance de calcul accrue et des installations expérimentales nouvelles ; cet ensemble définit le périmètre du programme ;
- les équipes futures de la DAM devant apporter cette garantie de fonctionnement et de sûreté de l'arme, qui n'auront pas connu les essais nucléaires, devront impérativement être certifiées par les experts ayant cette expérience. Or, à l'horizon 2010, la plupart de ces experts seront à la retraite. Aussi tous les outils du programme doivent-ils être en place à cette échéance. Cet impératif conditionne le calendrier du programme.

Par ailleurs, le programme Simulation est directement lié aux programmes de développement des têtes futures TNA et TNO. Sa montée en puissance prend donc en compte une cohérence dictée par le franchissement des différentes étapes de réalisation de ces programmes.

Description du programme

L'ossature

Le but de la simulation est de reproduire par le calcul le fonctionnement d'un engin nucléaire. Les calculs sont effectués avec des logiciels constitués d'un ensemble de modèles physiques et de leur traduction sur ordinateur. Chaque modèle décrit de manière approchée une partie du fonctionnement de l'arme à travers un système d'équations. Le degré d'approximation est choisi en fonction des besoins de précision, mais peut aussi être limité par la connaissance du phénomène physique lui-même. Une autre limite vient du fait qu'il n'est tout simplement pas possible de décrire tous les mécanismes physiques intervenant dans le fonctionnement d'une arme à l'échelle atomique : aucun ordinateur ne serait assez puissant.

Le fonctionnement d'une charge nucléaire est ainsi basé sur l'enchaînement de nombreux processus physiques qu'il faut décrire en prenant en compte les échelles de temps et d'espace pertinentes.

Tant qu'il était possible d'avoir recours aux essais, on pouvait admettre une part d'empirisme pour certains des modèles utilisés dans la mesure où l'essai nucléaire validait globalement la démarche de modélisation. Ce n'est plus le cas aujourd'hui, et il faut maintenant amener l'ensemble des modèles élémentaires décrivant le fonctionnement d'une arme à un niveau de prédiction suffisant pour prendre en compte les différences induites par les faibles variations entre la charge militarisée et les concepts testés en 1995-1996.

Pour cela, le programme Simulation utilise les résultats produits par les recherches activement menées à la DAM dans de nombreux domaines de la physique. Citons, par exemple, la physique des matériaux pour laquelle il est nécessaire de maîtriser notre connaissance du comportement des constituants d'une arme lorsqu'ils sont soumis à de très fortes déformations dans des temps très

courts. En particulier, la modélisation du lien entre la structure microscopique des matériaux, c'est-à-dire au niveau des atomes ou des grains qui les structurent, et leur comportement macroscopique, c'est-à-dire leurs propriétés mécaniques et thermiques, doit être améliorée. Ces recherches progressent grâce à des itérations entre modèles et expériences de validation. Elles se font, bien sûr, en collaboration avec de nombreux instituts de recherche ou universités français et étrangers. Ces études, dites "de base", forment un corpus de données d'entrée essentielles à la conception des armes.

Le besoin de précision dans la description du fonctionnement des armes nucléaires est tel qu'il exige des ordinateurs très puissants pour assurer des simulations pertinentes. En effet, parler de modèles plus prédictifs signifie qu'on décrit de manière plus précise les mécanismes physiques mis en jeu. Les échelles spatiales et temporelles à décrire sont plus nombreuses, et la résolution des modèles est donc plus coûteuse. Celle-ci passe par l'utilisation de schémas numériques, qui permettent le passage d'une formulation continue donnée par la théorie à une formulation dite "discrète", pouvant être traitée par l'ordinateur. Ce faisant, on introduit une approximation supplémentaire qu'il s'agit de minimiser en fonction à la fois de la puissance disponible des ordinateurs et de l'avancée des recherches en analyse numérique.

Améliorer notre capacité de prédiction ne passe pas seulement par la physique et le numérique, mais aussi par une description informatique encore plus fidèle de la géométrie et de l'environnement de l'arme. En particulier, certains détails technologiques pouvant conduire à de petites variations dans le résultat des simulations doivent être pris en compte. Tout ceci concourt à un besoin d'utilisation en routine de logiciels tridimensionnels, très "gourmands" en temps, en puissance de calcul, ainsi qu'en place mémoire d'ordinateur. C'est à cette fin que la voie des

ordinateurs massivement parallèles a été choisie par la DAM.

Les nouveaux logiciels utilisés rassembleront toutes les connaissances acquises sur la physique des armes. Leur validation passe nécessairement par la réalisation d'un ensemble d'expériences, chacune d'entre elles permettant de valider une partie de la description du fonctionnement de l'arme. C'est ce qu'on appelle la *validation par parties*. Le saut qualitatif demandé par les objectifs du programme Simulation a conduit au développement de nouvelles installations permettant, soit d'accroître très sensiblement la précision attendue des résultats expérimentaux, soit d'aborder des points de physique en laboratoire qu'il n'était possible d'étudier auparavant que très globalement à travers les essais nucléaires. Deux d'entre elles jouent un rôle déterminant dans le programme : la machine radiographique AIRIX, qui vise à valider la phase de fonctionnement pré-nucléaire de l'amorce, et le laser mégajoule (LMJ) destiné à étudier le domaine de fonctionnement thermonucléaire de l'arme.

Une fois les logiciels validés par parties, il faudra valider la chaîne de calcul dans sa globalité. C'est grâce à la réinterprétation des essais nucléaires passés que cela pourra se faire. Ces essais, et en particulier ceux de la dernière campagne réalisée en 1995-1996, sont la référence indispensable sur laquelle repose la crédibilité du programme. Sur les 210 essais nucléaires réalisés par la France, quelques dizaines seront utilisés à valider *in fine* la qualité de notre chaîne numérique.

Amélioration de la description du fonctionnement d'une arme nucléaire, accroissement de la puissance des ordinateurs, développement de nouveaux moyens expérimentaux plus précis ou permettant d'explorer des domaines inaccessibles jusqu'ici en laboratoire et formation des nouvelles équipes de concepteurs, tels sont les quatre grands axes structurant le programme Simulation.

Les grands outils

Les ordinateurs

Bien que la DAM soit déjà en possession d'ordinateurs très puissants, les remarques précédentes expliquent pourquoi il est impératif de développer une politique d'acquisition de machines encore plus performantes. Cette acquisition se fera en trois phases successives associées aux évolutions des modèles. L'analyse des besoins montre en effet qu'il faut atteindre à l'horizon 2010 une puissance de 100 téraflops (cent mille milliards d'opérations par seconde), alors que la puissance disponible en 1996 était de 50 gigaflops (cinquante milliards). Seules des machines dites massivement parallèles sont à même de fournir une telle puissance. Ces machines sont constituées d'un ensemble de nœuds de calcul, connectés par un réseau extrêmement rapide transportant les données d'un nœud à un autre. L'augmentation de la puissance de calcul se fera par la multiplication du nombre des nœuds de calcul, la limite d'efficacité reposant sur la capacité du réseau d'interconnexion à faire transiter efficacement le flot de données entre les processeurs.

La DAM a une longue habitude de ces machines, ayant été un précurseur dans leur utilisation. C'est ce qui lui a permis de dimensionner ses besoins, et d'aboutir au choix d'une machine du constructeur COMPAQ, de 5 téraflops, qui sera livrée fin 2001. Les deux phases suivantes concerneront l'acquisition d'une machine de 30 Tflops en 2005, et de 100 Tflops en 2010.

Le besoin ne saurait être limité aux machines. Il faut leur adjoindre des capacités de stockage, dont la taille doit correspondre à la capacité de calcul des ordinateurs. Il faut aussi mettre en place un réseau à très haut débit entre les ordinateurs, les capacités de stockage, et les stations de travail utilisées par les concepteurs (par exemple, pour la visualisation des résultats des simulations numériques). Le choix, en ce qui concerne les

capacités de stockage à accès rapide, s'est porté sur des machines de la société StorageTek.

La machine de radiographie AIRIX

La machine radiographique AIRIX a pour vocation de faire une photographie instantanée de l'état de matériaux soumis à des déformations très rapides. Elle est destinée à valider les logiciels décrivant la première partie du fonctionnement d'une charge nucléaire, avant tout dégagement d'énergie nucléaire. Pour cela, on utilise des maquettes fabriquées avec des matériaux inertes, ayant des caractéristiques thermiques et mécaniques proches des matériaux nucléaires utilisés dans une arme.

Le principe de l'installation est basé sur un accélérateur qui produit un faisceau d'électrons d'une énergie de 20 millions d'électrons-volts (MeV). Projetés sur une cible en tantale, ces électrons sont convertis en rayons X. Le rayonnement produit traverse l'objet à analyser où il est atténué par les différents matériaux, selon leur épaisseur et leur densité. La radiographie, pour être nette, doit,

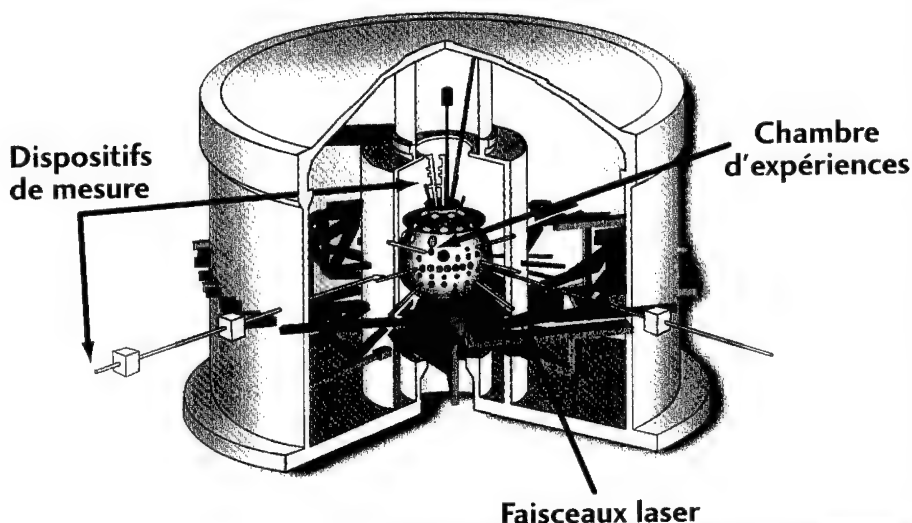
de plus, être prise sur des temps de quelques milliardièmes de seconde.

L'image du phénomène est enregistrée sur des détecteurs, comme les gamma-caméras, sensibles aux rayons X. La machine AIRIX, par rapport au générateur de flashes X disponible auparavant à la DAM, apporte un gain de 10 en précision. Cette installation fournit des clichés, dans un temps de 60 milliardièmes de seconde, de matériaux en mouvement à des vitesses de 2 000 à 3 000 m/s et ayant localement des densités de 60 (c'est-à-dire des densités supérieures à celles rencontrées au centre de la terre). La précision obtenue sur les clichés est de 0,5 mm.

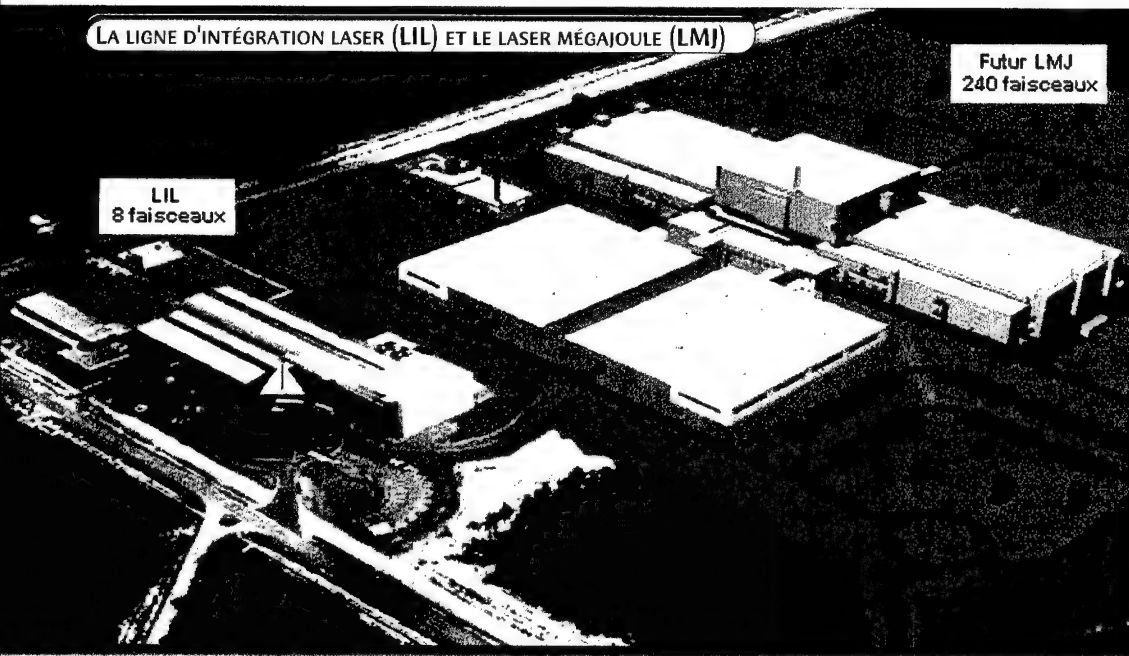
Le laser mégajoule

Le but du laser mégajoule est d'étudier en laboratoire le domaine de fonctionnement thermonucléaire de l'arme. Le laser mégajoule a été dimensionné de façon à fournir une énergie de fusion dix fois supérieure à celle apportée par les faisceaux laser, ce qui est indispensable afin d'étudier des phénomènes régis par la physique de la fusion et non pas

LA SALLE D'EXPÉRIENCES



LA LIGNE D'INTÉGRATION LASER (LIL) ET LE LASER MÉGAJOULE (LMJ)



par la physique du laser. Ce dimensionnement impose que cette installation soit à même de délivrer une énergie de 1,8 mégajoules en quelques nanosecondes, soit deux cents fois plus importante que celle fournie par le laser Phébus (exploité à la DAM entre 1986 et 1999).

Le principe de l'installation est basé sur un ensemble de 240 faisceaux laser convergeant sur une cible de quelques millimètres de diamètre. Cette cible est constituée d'une coquille contenant le combustible thermonucléaire, un mélange de deutérium et de tritium (DT).

Le laser mégajoule sera un puissant outil de validation des modèles et des méthodes de calcul de la simulation. En particulier, il permettra de conforter certains modèles dans des régimes de température et de pression jusqu'à présent inaccessibles en laboratoire, notamment dans le cas de l'interaction entre rayonnement et matière. Grâce aux expériences de fusion, il contribuera à la validation globale des simulations. Il sera par ailleurs indispensable à l'évaluation de la compétence dans le domaine du fonctionne-

ment thermonucléaire des physiciens engagés dans l'apport de la garantie.

La formation des concepteurs d'armes nucléaires

La garantie des armes sera apportée par de nouveaux concepteurs qui n'ont pas connu les essais. Afin de "qualifier" ces concepteurs, il est nécessaire :

- de leur fournir les outils indispensables à cette qualification. Ce sont les outils dont nous venons de parler ;
- d'évaluer leur compétence dans l'utilisation de ces outils pour apporter la garantie. Cette évaluation ne peut être faite que par les anciens concepteurs, seuls aptes à juger de la pertinence des expériences faites sur ces installations par les nouveaux concepteurs.

Imaginons, par exemple, qu'il existe un écart entre la charge testée au cours de la dernière campagne et la charge équipant l'arme. Cet écart peut apparaître, soit au niveau de la conception (pour des impératifs de militari-

sation), soit au cours de la vie de l'arme (dû au vieillissement). Si cet écart concerne le fonctionnement thermonucléaire de la charge, le nouveau concepteur doit être en mesure d'en analyser les conséquences. On ne pourra juger de la pertinence de son analyse que s'il fait la preuve, en utilisant le même code de calcul, de sa maîtrise des conséquences d'un tel écart à l'aide d'expériences réalisées sur le LMJ.

Avancement du programme


Le programme Simulation a été lancé en 1995. Depuis, plusieurs jalons importants ont été franchis pour chacun des grands moyens que le programme doit mettre en place d'ici 2010.

En ce qui concerne les ordinateurs, une première machine de nouvelle génération de 35 gigaflops a été livrée en mai 2000 sur le site de la DAM/Ile-de-France. Celle-ci a permis de vérifier le bon comportement des logiciels actuels sur ce type d'architecture. Puis, en décembre 2000, une machine beaucoup plus puissante a été mise à disposition des utilisateurs. Elle a permis le basculement effectif des logiciels et l'exploitation de ce type de machine dans un contexte de production de résultats. Cette machine correspond à une multiplication d'un facteur 10 de la puissance disponible à la DAM. Elle a nécessité la construction d'un bâtiment spécifique dimensionné de façon à accueillir les machines successives programmées jusqu'en 2010. Fin 2001, la machine de 5 téraflows sera livrée, en cohérence avec les études sur la tête future TNA. A cette date, la puissance de calcul disponible aura été multipliée par 100 par rapport à celle disponible en 1996.

La machine AIRIX a été livrée fin 1999 et inaugurée en septembre 2000. Elle a fait l'objet d'une recette formelle en décembre 2000 sur une expérience prévue dans le programme Simulation. Toutes les perfor-

mances demandées ont été atteintes. On a pu, en particulier, vérifier que la qualité des images obtenues permet de discriminer parmi plusieurs simulations numériques la mieux adaptée à rendre compte des paramètres étudiés par l'expérience. Depuis le début de l'année 2001, la DAM réalise sur cette installation un ensemble d'expériences dans le cadre de la garantie de la TNA.

Pour le laser mégajoule, dont l'échéance est 2008-2010, une étape importante devrait être franchie dans quelques mois. A la fin de 2001 sera mise en service l'installation prototype construite sur le site du Cesta. Cette installation, la ligne d'intégration laser (LIL), constituée de huit faisceaux, permettra de valider en 2002 les choix technologiques qui seront retenus pour le laser mégajoule. En outre, l'année 2002 sera utilisée pour optimiser l'ensemble de la chaîne laser (alignement, lissage des faisceaux...), et mettre au point les diagnostics nécessaires.

Les outils décrits ici associent de manière cohérente modélisation, simulation numérique et expérimentations. Leur développement et mise en fonctionnement se déroulent conformément aux prévisions et l'objectif de mise à disposition de cet ensemble pour la certification des futurs concepteurs à l'horizon 2010 devrait être atteint. La validation globale de la chaîne numérique, étant apportée par la ré-interprétation des essais passés, outils de la simulation et expériences nucléaires passées forment ainsi un tout indissociable. Cet ensemble permettra d'assurer, sans essais, et durant toute leur durée de vie, la garantie de fiabilité et de sécurité des armes nucléaires devant remplacer à terme les composantes aéroportée et océanique actuelles. 

La sûreté nucléaire dans le domaine des activités de défense

par Emmanuel DUVAL, ingénieur général de l'armement
Inspecteur de l'armement chargé des missions relatives à la sécurité nucléaire

France has been active in the nuclear defence field for some forty years.

From the very beginning nuclear safety was recognised as a major performance criteria for nuclear defence systems and installations: it guided technical design decisions as well as the organisation of nuclear defence programme management, which delineates the roles of those involved, including the safety supervisory authorities.

Thanks to these arrangements, and to the safety culture that has been inculcated into all concerned, no significant incident has ever occurred in association with nuclear defence activities; this is vitally important if we are to retain the generally favourable view held by our citizens of our strategic nuclear forces.

However, changes are underway in the organisation of the safety supervisory authorities responsible for nuclear defence activities, mirroring those which have taken place in the civilian sphere; they are aimed primarily at ensuring greater independence between inspection and operation, and improving the quality of the information made available to the public concerning its activities.

Les activités nucléaires de défense existent en France depuis une quarantaine d'années. La sûreté nucléaire a été prise en compte dès l'origine comme une des performances majeures des systèmes et installations nucléaires de défense : elle a guidé les choix techniques de conception ainsi que l'organisation de la conduite des programmes nucléaires de défense, qui distingue les rôles dévolus aux différents acteurs, dont les instances de contrôle de la sûreté.

Historique

En juillet 1945, environ trois ans après la première divergence, dans un stade de Chicago, d'une "pile" atomique utilisant la fission contrôlée du noyau d'uranium 235, explosait dans le désert d'Alamogordo

(Nouveau-Mexique) le premier engin expérimental au plutonium. En janvier 1955, le *Nautilus*, premier sous-marin à propulsion nucléaire, construit par l'*US Navy*, appareillait pour ses essais à la mer. Depuis, le fait nucléaire s'est imposé dans les systèmes de défense des grandes puissances et de certaines puissances moyennes, qui ont considéré que la capacité de destruction qu'apporte l'arme atomique était un élément nécessaire à leur protection, voire à leur survie.

L'URSS et le Royaume-Uni (aidé par son grand allié d'outre-Atlantique) ont rapidement rejoint les Etats-Unis dans le "club" des puissances nucléaires, avant que la France et la Chine, puis d'autres encore de façon plus récente, en fassent de même.

En février 1960, explosait au Sahara le premier engin nucléaire à fission conçu et réalisé par la France. En août 1968, c'était le tour du premier engin thermonucléaire au-dessus de l'atoll de Fangataufa, dans le Pacifique. Auparavant, le 1^{er} octobre 1964, la première composante nucléaire stratégique française, constituée de bombardiers *Mirage IV* porteurs de la bombe AN 21, était

devenue opérationnelle. En août 1971 entrait en service au plateau d'Albion la première unité de missiles sol-sol balistiques stratégiques. En janvier 1972, *Le Redoutable*, premier sous-marin nucléaire lanceur d'engins français, appareillait pour sa première patrouille en Atlantique.

L'utilisation à des fins de défense de l'énergie nucléaire par notre pays date donc aujourd'hui d'une quarantaine d'années. Durant ces quarante ans, la modernisation continue, en même temps que l'adaptation au contexte géostratégique, de notre outil de dissuasion se sont accompagnées d'un effort constant visant à conforter et à renforcer le niveau de sûreté nucléaire des systèmes d'armes constituant cet outil.

Cette évolution s'est faite grâce au développement de méthodes d'analyse de plus en plus performantes et à l'adoption de concepts et de technologies permettant le renforcement de la sûreté tout en respectant les performances opérationnelles spécifiées. La prise en compte de la sûreté nucléaire comme une des caractéristiques fondamentales de nos systèmes nucléaires, démontrée par l'absence depuis quarante ans de tout incident significatif, a sans doute contribué au fait que la possession par la France de forces nucléaires stratégiques n'a jamais été sérieusement remise en cause par la majorité de nos concitoyens.

Dans le contexte actuel, cette acception globale par le public ne pourra être conservée que par la recherche d'une plus grande transparence sur ce que sont les pratiques du monde de la défense dans l'obtention, le maintien durant la vie des systèmes et le contrôle du niveau de sûreté requis par nos systèmes nucléaires.

Des évolutions de nature réglementaire et organisationnelle sont actuellement en cours de préparation dans le domaine de la sûreté nucléaire des activités de défense pour répondre à cette attente, suivant le mouvement similaire que connaît, de son côté, le domaine de la sûreté des activités nucléaires civiles.

Qu'entend-t-on par sûreté nucléaire dans le domaine de la défense ?

La sûreté nucléaire dans le domaine des activités de défense est définie comme l'ensemble des mesures à prendre dans les installations nucléaires intéressant la défense, depuis leur conception jusques, et y compris, leur démantèlement et leur déclasserement, ainsi que dans les transports de matières nucléaires, en vue, d'une part, d'éviter les accidents et de minimiser leurs effets dans le cas où ils surviendraient néanmoins et, d'autre part, de limiter les conséquences d'éventuels actes de malveillance, indépendamment des mesures externes destinées à assurer leur protection physique.

Les risques dont on cherche à se prémunir par l'utilisation des mesures de sûreté nucléaire sont fondamentalement de même nature, qu'il s'agisse des utilisations de défense ou à finalité pacifique de l'énergie nucléaire : l'objectif est d'éviter le relâchement non contrôlé, par quelque voie que ce soit, de substances radioactives dans l'environnement.

S'agissant des réacteurs nucléaires de propulsion des navires militaires (sous-marins et porte-avions dans notre pays), les concepts et méthodes utilisés pour ce faire seront, on s'en doute, assez voisins de ceux mis en œuvre dans l'industrie nucléaire civile.

S'agissant des armes nucléaires, qui constituent des engins à finalité toute différente de celles des réacteurs et dont les caractéristiques ne trouvent pas leur équivalent dans le monde de l'énergie nucléaire civile, les événements que visent à prévenir les mesures de sûreté nucléaire sont classés, suivant la nature du fait générateur et leur gravité, en trois catégories. C'est ainsi que l'on distingue :

- l'accident radiologique, se traduisant par une dispersion localisée de matières radioactives contenues dans l'arme, consécutif à une agression ayant conduit à la rupture ou à la perte d'étanchéité de l'enveloppe de celle-ci ;

- l'accident pyroradiologique se traduisant par une dispersion étendue, principalement sous forme d'aérosols, de matières radioactives, imputable à la mise à feu des substances explosives "conventionnelles" disposées dans l'arme ou à proximité de celle-ci ;
- l'accident nucléaire correspondant à un dégagement intempestif par l'arme d'énergie d'origine nucléaire, induit par le démarrage et le développement jusqu'à un stade plus ou moins avancé de la réaction en chaîne.
- enfin, les instances de contrôle qui regroupent les services chargés de l'examen des dossiers concourant à la démonstration du niveau de sûreté de l'installation nucléaire et les services d'inspection permettant de vérifier sur le terrain la véracité des assertions du concepteur, du réalisateur et de l'exploitant. A ces instances de contrôle sont généralement associés des organismes d'expertise, indépendants du concepteur, du réalisateur et de l'exploitant.

Les dispositions techniques propres à éviter ces divers types d'accidents sont, il va de soi, assez spécifiques au domaine des armes nucléaires, compte tenu des différences fondamentales que celles-ci présentent vis-à-vis des réacteurs (systèmes "passifs" dans un cas et "actifs" dans l'autre, systèmes aptes à délivrer une énergie très grande dans un temps très court dans un cas, aptes à délivrer sur la durée une énergie d'une valeur maîtrisée dans l'autre, etc.).

Les principes fondamentaux, et les aspects organisationnels touchant à la sûreté des réacteurs nucléaires de propulsion navale, comme à celle des armes nucléaires, présentent cependant, ainsi que nous le verrons plus loin, un certain nombre de points communs.

L'organisation de la sûreté des activités nucléaires de défense

Les intervenants

Dans toute activité mettant en œuvre des installations nucléaires, qu'elle soit à finalité civile ou de défense, le système de sûreté français distingue de façon schématique les principaux acteurs suivants :

- le concepteur et le réalisateur de l'installation (lesquels peuvent être, selon les cas, confondus ou distincts) ;
- l'exploitant de l'installation (qui peut, dans certains cas, être également concepteur et réalisateur) ;

Historiquement, le choix a été fait de distinguer les instances de contrôle agissant dans le domaine des applications civiles de l'énergie nucléaire de celles œuvrant dans le domaine des applications de défense. Ce choix résulte d'une volonté de faciliter le maintien d'un niveau de confidentialité suffisant autour des activités nucléaires de défense, en même temps que du constat du caractère très spécifique des questions de sûreté touchant aux armes nucléaires.

Il est à noter que, au sein de la sphère de défense, cohabitent aujourd'hui plusieurs structures de contrôle de la sûreté suivant que l'on s'intéresse aux installations et systèmes nucléaires "opérés" par le ministère de la Défense (systèmes d'armes nucléaires, navires militaires à propulsion nucléaire et installations de soutien à terre des précédents) ou aux installations nucléaires qui, quoiqu'à finalité de défense, sont "opérées" par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) ou par des industriels (COGEMA, Technicatome...) au profit du CEA ou du ministère de la Défense : on verra plus loin que cette situation est appelée à évoluer.

L'action des différents intervenants mentionnés plus haut (concepteur, réalisateur, exploitant, instances de contrôle) s'inscrit dans un référentiel de textes : lois, décrets, arrêtés, instructions, réglementations, codes, normes... Les règles, codes et normes appliqués lors de la conception, de la réalisation, et de l'exploitation (en y incluant la mise à

l'arrêt et le démantèlement) des systèmes et installations nucléaires sont à soumettre en temps utile aux instances en charge du contrôle de la sûreté.

Conception, réalisation et exploitation des systèmes et installations nucléaires de défense

L'Etat, exploitant des systèmes et installations nucléaires de défense, s'est de tout temps préoccupé de définir de façon claire les modalités de répartition en son sein des responsabilités de conception, réalisation et exploitation de ces systèmes et installations. Ces responsabilités sont réparties entre le ministère de la Défense et le CEA, suivant une relation de mode partenarial, par une décision signée du Premier ministre, "rafraîchie" tous les cinq ans (la dernière édition date de 1998). Aux termes de cette décision, et de façon schématique :

- ❖ le ministère de la Défense est responsable de la conception et de la réalisation des navires à propulsion nucléaire (hier sous-marins nucléaires lanceurs d'engins type *Le Redoutable* et sous-marins nucléaires d'attaque type *Rubis*, aujourd'hui SNLE type *Le Triomphant* et porte-avions *Charles de Gaulle*, demain SNA objet du programme Barracuda) et des porteurs et vecteurs de l'arme nucléaire (pour s'en tenir aux composantes en service aujourd'hui : sous-marins nucléaires lanceurs d'engins type *Le Triomphant* et porte-avions *Charles de Gaulle* à nouveau, avions *Super-Etendard*, *Mirage 2000N* et *Rafale*, missiles à statoréacteur air-sol moyenne portée et air-sol moyenne portée "amélioré", missiles mer-sol balistiques stratégiques *M4*, *M45* et *M51*) ;
- ❖ le CEA est responsable notamment de la conception et de la réalisation des constituants des systèmes et installations nucléaires de défense mettant à propre-

ment parler en jeu des matières nucléaires. C'est ainsi qu'il est en charge :

- de la conception et de la réalisation, ainsi que du maintien en condition opérationnelle et du démantèlement des têtes nucléaires ;
- de la conception des réacteurs nucléaires de propulsion navale, ainsi que de l'étude de leurs principes de démantèlement ;
- de la conception et de la réalisation des combustibles correspondants, ainsi que du stockage définitif des combustibles usés après déchargement.

Au sein du ministère de la Défense, la responsabilité de la conduite des programmes couvrant la conception et la réalisation des systèmes d'armes nucléaires et des navires à propulsion nucléaire est confiée à la Délégation générale pour l'armement.

Une fois les systèmes d'armes nucléaires ou les navires à propulsion nucléaire entrés en service opérationnel, leur "exploitation" est, suivant les cas, du ressort de la Marine (navires à propulsion nucléaire, système d'armes mer-sol balistique stratégique, système d'armes air-sol nucléaire, lorsqu'il est mis en œuvre à partir du porte-avions) ou de l'armée de l'Air (système d'armes air-sol nucléaire, lorsqu'il est mis en œuvre à partir de bases et par des avions de l'armée de l'Air).

La DGA continue à intervenir durant la vie opérationnelle des systèmes dans le domaine du maintien en condition opérationnelle.

Instances de contrôle de la sûreté nucléaire

Ainsi qu'indiqué plus haut, le contrôle de la sûreté des systèmes et installations nucléaires de défense est confié, depuis l'origine, à des instances dédiées aux applications de défense de l'énergie nucléaire, distinctes, donc, de la structure de contrôle s'intéressant aux applications civiles (actuellement : Direction de la sûreté des installations nucléaires - DSIN, placée sous la

double tutelle du ministère chargé de l'industrie et du ministère chargé de l'environnement).

L'instance en charge du contrôle de la sûreté des systèmes et installations "exploités" par le ministre de la Défense porte le nom de Commission mixte armées-CEA de sûreté nucléaire (CMS). Comme son nom l'indique, elle est constituée à parité de représentants du ministère de la Défense et de représentants du CEA. Présidée par le Délégué général pour l'armement, elle a pour responsabilité d'assurer aux autorités gouvernementales que la sûreté nucléaire des navires à propulsion nucléaire et des systèmes d'armes nucléaires est acquise lors de l'entrée en service opérationnel de ceux-ci et le reste pendant toute leur phase d'exploitation, jusques et y compris leur démantèlement.

La CMS a, jusqu'à présent, remarquablement joué le rôle qui lui était dévolu, si l'on en juge, encore une fois, par l'absence d'incident significatif ayant affecté depuis quarante ans les systèmes ou installations nucléaires de défense. On peut toutefois reprocher à cette instance, d'une part, d'être trop intégrée aux structures en charge de la conception, de la réalisation et de l'exploitation et, d'autre part et du fait de l'histoire de sa création, de posséder un fondement juridique insuffisant puisqu'elle n'est régie que par un simple arrêté et des instructions à caractère interministériel ou ministériel. C'est pourquoi cette structure doit faire l'objet, très prochainement et ainsi qu'on le verra plus loin, d'une transformation profonde.

Quelques mots sur les aspects techniques

La sûreté nucléaire, dans le domaine des applications militaires, repose sur un concept de "défense en profondeur" qui peut schématiquement être décomposé en plusieurs

niveaux, suivant qu'on se place, par la pensée, en amont ou en aval de l'événement redouté :

- la prévention par la qualité de la conception, de la réalisation et de l'exploitation ;
- la maîtrise du fonctionnement normal et des perturbations ;
- la maîtrise des incidents et accidents ;
- l'intervention après l'accident.

Si ce concept n'est pas propre au domaine nucléaire militaire, son application aux navires à propulsion nucléaire ou aux armes nucléaires fait appel à des solutions techniques particulières pour tenir compte, suivant le cas, de la compacité du navire et, naturellement, de sa mobilité, ou des risques inhérents aux armes, qui leur sont spécifiques.

Pour les chaufferies nucléaires de propulsion navale, la recherche de la sûreté dans la conception repose sur l'application de trois impératifs :

- assurer une protection suffisante autour des sources radioactives et réduire les risques de relâchement de matières dans l'environnement, par interposition, entre celles-ci et l'extérieur, de trois barrières étanches qui sont la gaine du combustible, la cuve et les tuyauteries du circuit primaire et l'enceinte de confinement du réacteur ;
- assurer un contrôle efficace de la réaction en chaîne dans le réacteur et permettre, d'une façon sûre et rapide, l'arrêt de cette réaction lorsque nécessaire ;
- assurer en toutes circonstances la réfrigération du combustible dans des conditions thermohydrauliques adaptées afin de maintenir l'étanchéité de son gainage.

S'agissant des armes nucléaires, la sûreté repose, au plan de la conception, sur un certain nombre d'options se traduisant notamment, pour chaque type d'agression externe envisageable à l'encontre du missile porteur de l'arme, par la mise en place d'au moins trois barrières indépendantes et de natures différentes vis-à-vis du risque

nucléaire, en évitant, ce faisant, de s'appuyer sur des barrières "humaines" comme, par exemple, le respect de consignes. On entend ici par "barrière" de sûreté toute disposition s'opposant à l'apparition d'un événement préjudiciable à la sûreté, comme un dispositif technologique (sectionneur, dispositif automatique de lutte contre l'incendie...) ou une propriété physique (seuil de sensibilité d'un matériau énergétique...).

Les évolutions en cours des structures de contrôle de la sûreté nucléaire dans le domaine de la défense

Dans le rapport sur le système français de radioprotection, de contrôle et de sécurité nucléaire intitulé "*La longue marche vers l'indépendance et la transparence*" qu'il a rédigé à la demande du gouvernement et présenté en 1998, le député Jean-Yves Le Déault, président de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, indique que, de son point de vue, la sûreté et la radioprotection dans les activités nucléaires de défense doivent faire l'objet de procédures similaires à celles du domaine civil, pour lequel il préconise par ailleurs un certain nombre de transformations qui devraient se concrétiser prochainement par une loi.

Ces recommandations s'inscrivent tout à fait dans une démarche d'évolution, entreprise depuis plusieurs années à l'initiative du ministère de la Défense et du CEA, et qui aura pour conséquences la mise en place d'une instance de contrôle de la sûreté dans le domaine des activités nucléaires de défense suivant des principes très proches de ceux préconisés pour le domaine civil.

Au passage, la future instance de contrôle du domaine défense regroupera les diverses instances existant depuis l'origine, qui se partageaient cette responsabilité en fonction de la nature des systèmes ou installations considérés. Les évolutions en cours visent essentiellement à :

- marquer une plus grande indépendance du contrôle en distinguant très clairement les instances de contrôle des structures ou des organismes en charge de la conception, de la réalisation et de l'exploitation : c'est ainsi que le futur "délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense" se verra rattaché directement aux deux ministres en charge de la défense et de l'industrie ;
- asseoir les pratiques associées aux activités nucléaires de défense sur un corpus de textes d'un niveau juridique suffisant et publiés tout à fait ouvertement à usage des observateurs et du public ;
- améliorer les conditions d'information du public sur ces activités.

La navigation et le guidage des missiles stratégiques

par Didier GOBILLOT et Alain RIONDET,
Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques - Direction des centres d'expertise et d'essais

Credibility of a deterrent force resides in the ability of its weapon systems to hit a potential target with optimal effectiveness. Targeting accuracy is one of the factors that contribute to this effectiveness. All modern strategic missiles have a sophisticated guidance/navigation system that makes a crucial contribution to their performance. This is true of ballistic missiles such as the M45 and the future M51, and of air-breathing missiles such as ASMP and the future ASMPA. This function enables the missile's trajectory to be tracked during flight, and when combined with the control system, is the primary source of the missile's precision.

La crédibilité d'une force de dissuasion repose sur la capacité de ses systèmes d'armes à atteindre une éventuelle cible avec une efficacité optimale. La précision au but est l'un des facteurs concourant à cette efficacité. Tous les missiles stratégiques modernes sont dotés d'un système de guidage/navigation sophistiqué, qui constitue l'un des éléments-clés de la performance. C'est le cas des engins balistiques comme le M45, et le futur M51, et des missiles aérobies comme l'ASMP, et le futur ASMPA. Cette fonction qui permet de tracer la trajectoire de l'engin au cours de la mission est, en lien avec le pilotage, au cœur de la chaîne de précision du missile.

Le guidage

Les buts du guidage sont de : déterminer la trajectoire de consigne à imposer au missile qui doit l'amener sur son objectif, à partir

d'une situation initiale et selon les conditions voulues ; définir les mouvements à réaliser par le missile afin qu'il atteigne son but en suivant la trajectoire de consigne et en respectant certaines contraintes (vitesse, route, pente...).

Le processus

En général, le cœur du processus de guidage est un algorithme cherchant à contrôler au moins une caractéristique du missile, comme par exemple sa position, sa vitesse ou son accélération à partir des caractéristiques nominales de l'engin (propulsion, aérodynamique...), des contraintes spécifiques à chaque phase de vol (manœuvres...), de la mission à réaliser (cible, trajectoire imposée...), des informations de navigation (position, vitesse, attitude) disponibles en temps réel pendant la phase guidée.

De nombreuses lois donnent directement l'expression des ordres à exécuter par le missile. Ces ordres sont généralement des accélérations ou des attitudes à appliquer à l'engin. Plusieurs dispositifs existent pour les mettre en œuvre, par exemple des gouvernes aérodynamiques, des déviateurs de jets, des tuyères flexibles, etc.

Pendant le vol, la fonction guidage reçoit les informations provenant de la centrale missile (la navigation qui englobe les aspects orientation et localisation/positionnement). En sortie, le processus alimente les boucles de pilotage de l'engin dont le but est d'exécuter les commandes sur les différents actionneurs. Le schéma de principe de la figure 1 illustre les différents éléments de la chaîne.

L'initialisation du système

L'initialisation du système de guidage d'un missile s'opère juste avant le tir et comporte notamment :

- la prise en compte des données issues de la préparation de mission (cf. ci-dessous) et de la position du porteur pour initialiser le vol ;
- l'alignement de la centrale de guidage du missile ; en effet, à la mise sous tension, celle-ci démarre de zéro et il lui faut, en quelques minutes, acquérir sa performance nominale pour assurer sa mission.

L'opération d'alignement consiste à initialiser la centrale inertielle à l'aide des informations du porteur. En pratique, cela consiste généralement à fournir à un filtre optimal d'alignement, pendant un certain intervalle de temps, l'attitude et la vitesse instantanées pour orienter correctement le repère de calcul

de la centrale de guidage et estimer au mieux les erreurs des senseurs inertiels.

La préparation de mission

Elle entre dans le processus global du guidage, avec les deux objectifs suivants :

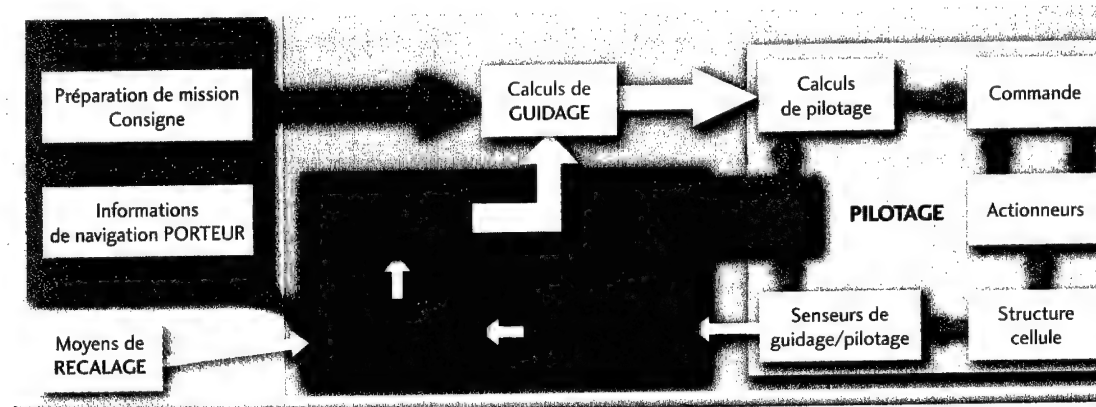
- élaborer une **trajectoire de consigne** optimale à suivre par le missile pour atteindre son but en fonction de ses possibilités et en respectant diverses contraintes (pénétration...) ;
- générer les données nécessaires à la réalisation de la mission, en vue de les embarquer à l'initialisation du missile avant le tir.

Liens avec le pilotage

Les buts du pilotage sont d'assurer à tout instant :

- l'exécution des ordres élaborés par le guidage, avec une certaine performance (temps de réponse, précision...) ;
- la stabilité de la cellule du vecteur ;
- la robustesse à tout type d'erreur ou de perturbation pour garantir le maintien des objectifs de performances et/ou de stabilité.

Les algorithmes de pilotage calculent les commandes (des actionneurs, en vitesse...) pour suivre les consignes déterminées par le guidage de façon à assurer un mouvement stable autour du centre de gravité, quelles que soient les



conditions de vol (Mach, altitude, pression dynamique) et les perturbations rencontrées.

Liens avec la navigation

La navigation entre en ligne de compte dans le processus global de guidage des missiles vers leur objectif. Elle permet de restituer le positionnement ⁽¹⁾, la vitesse et l'orientation ⁽²⁾ du mobile dans différentes conditions :

- sur un porteur (bateau ou avion d'armes) :
 - en amont du vol du missile : fournir à l'équipage les informations de position, vitesse et cap nécessaires à la réalisation de la mission, dans les meilleures conditions de sécurité (invulnérabilité...) ;
 - fournir au moment du tir les informations nécessaires à l'initialisation des centrales de guidage/navigation des missiles ;

⁽¹⁾ Détermination, par un mobile, de ses propres coordonnées géographiques dans un repère terrestre donc de sa localisation.

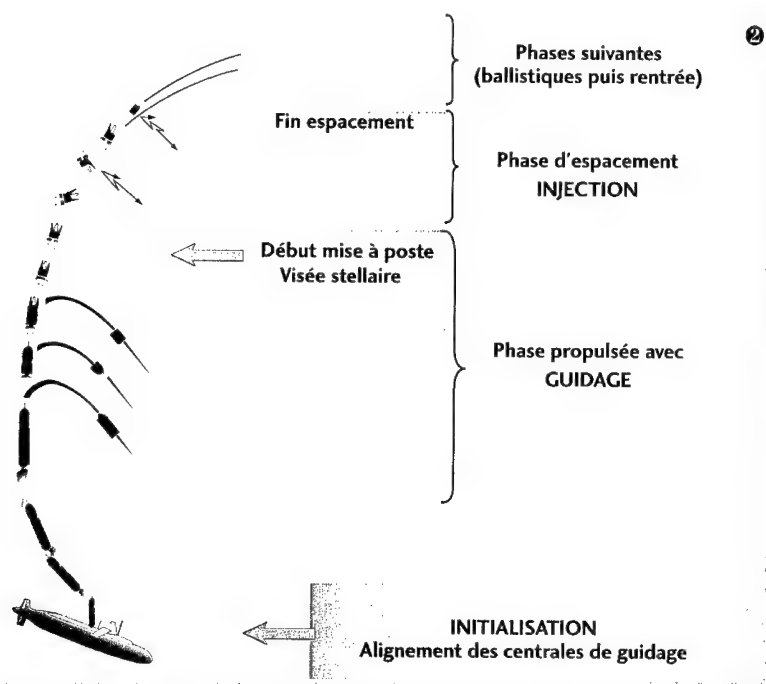
⁽²⁾ Détermination, à l'endroit où se trouve le mobile, du repère géographique terrestre du lieu et de l'attitude du mobile par rapport à ce repère géographique terrestre.

- sur l'engin, après largage : élaborer en temps réel les informations d'attitude (orientation), de position et de vitesse, et les fournir au système de guidage afin qu'il établisse dans les meilleures conditions les actions nécessaires au respect d'une trajectoire.

Voyons maintenant les spécificités techniques du guidage des différents types de missiles, balistiques ou de croisière, de la force de dissuasion française.

Les missiles balistiques

Dans le domaine nucléaire, on distingue deux types de missiles balistiques : missiles intercontinentaux, tirés de silos, et missiles tirés depuis des Sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE). S'agissant des missiles tirés de SNLE, comme ceux de la Force océanique et stratégique (FOST), la problématique tient au fait que l'initialisation du système de guidage se fait porteur en mouvement, ce qui est source d'erreurs supplé-



Navigation et guidage inertiels

La navigation inertielle repose sur la mesure, à chaque instant, du vecteur accélération qui permet, par intégrations, d'en déduire sa vitesse et sa position.

Trois accéléromètres mesurent les forces appliquées, en fonction de l'accélération (relation fondamentale de la dynamique) selon un trièdre de mesure. Des gyroscopes, sensibles aux rotations permettent de restituer l'orientation de ce trièdre de mesure par rapport à un repère de référence.

Accéléromètres et gyroscopes sont intégrés dans une centrale inertielle : centrale de navigation pour un porteur (SNLE, avion d'armes), centrale de guidage pour un missile (missile de croisière ou missile balistique). Dans ces équipements, les senseurs sont soit montés sur un cœur et asservissent des axes de cardans (systèmes à plate-forme), soit fixés directement sur la structure du mobile (systèmes à composants liés ou strapdown). Quelle que soit la qualité intrinsèque des senseurs inertiels, la mise en œuvre du matériel et des logiciels ("mécanisation"), deux particularités essentielles caractérisent le fonctionnement des navigateurs inertiels :

- une tendance pour les composantes horizontales à osciller à la période de 84 mn (période de Schuler),
- une divergence exponentielle des composantes verticales.

Pour des durées de mission assez longues, ces phénomènes sont amortis par hybridation à l'aide d'informations externes :

- vitesse horizontale pour amortir les erreurs oscillantes (ex : vitesse loch en navigation marine) ou point de recalage en navigation aéronautique ;
- altitude : immersion du SNLE ou information baro-altimétrique en aéronautique.

Pour des durées de mission ou de vol plus faibles (quelques minutes), les phénomènes ne sont pas amortis. On parle alors de navigation inertielle pure.

Un deuxième phénomène perturbateur, lié au mouvement de rotation de la terre, induit dans la solution de navigation un autre mode propre du système, de période 24 heures, qui n'influe véritablement que pour des navigations de longue durée (SNLE, éventuellement avion).

mentaires et nécessite une mise en œuvre spécifique.

Le vol d'un missile balistique, qui se caractérise par les très grandes distances atteintes et une vitesse élevée, se décompose en : phase propulsée, phase d'espacement c'est-à-dire permettant l'injection des têtes sur les trajectoires balistiques exoatmosphériques, phase balistique et phase de rentrée (figure 2). En général, un missile balistique est guidé uniquement pendant la phase propulsée (c'est-à-dire hors aspects guidage terminal éventuel des têtes). La performance en précision dépendra essentiellement de l'erreur à l'injection des têtes, en particulier de la vitesse. Cette précision ⁽³⁾ repose sur celle des équipements

de navigation dont les qualités recherchées sont d'être précis et non brouillables. Pour cette dernière raison, on utilise des centrales inertiels (cf. encadré).

Les méthodes

Classiquement, trois méthodes sont possibles pour assurer le guidage des missiles balistiques :

- méthode explicite, pour laquelle tous les calculs sont effectués en vol et en temps réel ;

⁽³⁾ Pour les missiles en général, la précision au but est exprimée en Ecart circulaire probable (ECP) qui représente le rayon du cercle centré sur la cible dans lequel l'impact a lieu avec une probabilité de 50 %.

Type de guidage	Explicite	Implicite	Pseudo-explicite
Avantages	Performant optimal	Très simple Très faible charge de calcul en vol	Performant et quasi-optimal Faible charge de calcul en vol
Inconvénients	Lourdeur des calculs temps réel à effectuer en vol	Non optimal → le missile perd en performance	Non adapté aux missiles "rustiques"
Applications	Missiles sophistiqués longues portées	Missiles rustiques (ex : Scud)	Missiles sophistiqués

- méthode implicite, où la trajectoire à suivre est entièrement calculée en préparation de mission et stockée dans la mémoire du calculateur de guidage ;
- méthode pseudo-explicite : les calculs dimensionnants sont mis en œuvre avant tir et des calculs simplifiés sont effectués en vol.

Ces méthodes présentent différents avantages et inconvénients selon le type de missile, comme le montre le *tableau* ci-dessus.

Facteurs de performance

La précision du processus de guidage dépend de différents facteurs :

- les **erreurs d'alignement** de la centrale inertielle du missile avant tir, elles-mêmes tributaires de l'erreur de navigation du SNLE, de celle du processus d'alignement et de l'harmonisation entre le porteur et le vecteur ; la précision de navigation du SNLE dépend quant à elle de la qualité de ses moyens inertiels et du scénario de recalage qui a alimenté le filtre optimal pendant la patrouille ;
- les erreurs de mesure de la **centrale inertielle** de guidage du missile dont la plate-forme fonctionne généralement dans un

mode de navigation inertielle pure (cf. **encadré**) ;

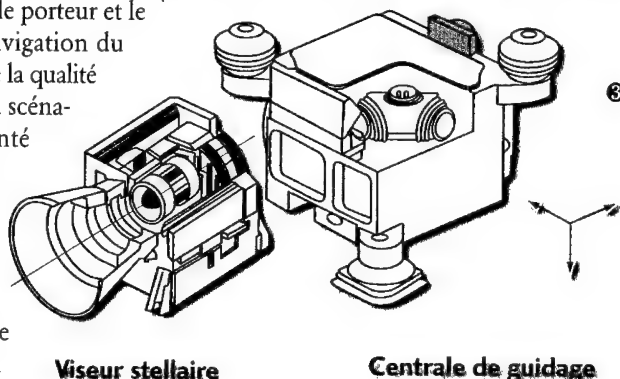
- des erreurs provenant d'autres causes, par exemple l'erreur d'approximation du modèle de terre (*gravimétrie*).

Le recalage par visée stellaire

La visée stellaire permet d'estimer le décalage angulaire entre la direction attendue d'un point de la voûte céleste et sa direction mesurée. Cet écart est principalement dû à l'erreur d'orientation du repère de référence inertiel lors de l'alignement sur sous-marin.

La mesure est effectuée à l'aide d'un viseur stellaire (cf. *figure 3*), couplé à la centrale de guidage et permettant de mesurer directement les erreurs d'orientation.

L'observation de l'écart permet d'établir une nouvelle trajectoire à l'aide d'un filtre optimal.



Guidage et navigation des missiles de croisière

Un missile de croisière comme l'ASMP, ou le futur ASMPA, est guidé-piloté tout au long de sa trajectoire, depuis le largage de l'avion jusqu'à son objectif.

La méthode

La trajectoire de l'engin est élaborée, en tout ou partie, en préparation de mission. Elle est ensuite embarquée dans le missile sous la forme d'un ensemble de points de passage imposés dont le nombre et le type dépendent de la trajectoire à réaliser.

Le processus de guidage consiste, dans ce cas, à déterminer les actions nécessaires à exécuter pour rester sur cette trajectoire de consigne en calculant, à chaque instant, l'écart de position entre cette consigne et l'estimation fournie par la navigation du missile, puis en calculant les efforts (accélérations) que doit subir le missile pour annuler cet écart.

Pour les mêmes raisons que pour les missiles balistiques, on utilise des centrales inertiennes mises en œuvre selon le cas dans un véritable système de **navigation intégrée** (cf. encadré) qui s'appuie également, pendant le vol de l'engin, sur des informations provenant de moyens de recalage.

Principe de la navigation intégrée

Lorsque la mission est de longue durée ou lorsque la précision requise est élevée, les systèmes de navigation et de guidage bénéficient, en complément de l'hybridation, d'un ensemble d'informations leur permettant d'estimer au mieux leurs erreurs grâce à l'utilisation de filtres optimaux (filtre de Kalman).

En sortie, le système élabore les meilleures informations possibles compte tenu des éléments disponibles. On parle alors de **navigation intégrée**. Le SNLE, certains avions d'armes, mais aussi les missiles de croisière, possèdent de tels systèmes, plus ou moins sophistiqués.

Pour fonctionner, un système de navigation intégrée a besoin d'informations principalement de position. Pour un missile de croisière, les principales informations de position possibles sont le GPS et le recalage type TRN (Terrain Reference Navigation). Sur un porteur (SNLE ou avion d'arme) on retrouve le GPS, les moyens radioélectriques classiques (ex : LORAN sur SNLE); les recalages par corrélation (ex : bathymétrie en navigation marine, altimétrie ou radar en navigation aéronautique).

En revanche, cela apporte des contraintes sur la préparation de mission.

Le recalage de la navigation

La position fournie par les moyens de recalage permet de mesurer l'écart entre la position estimée et la position réelle. Cette observation permet soit de corriger directement les informations inertiennes, soit, plus généralement, d'être prises en compte dans la navigation optimale du système.

Les différents moyens disponibles présentent différents avantages et inconvénients, par exemple :

- le GPS à couverture mondiale est précis, mais leurable et brouillable ; pour ces raisons, l'emploi de ce moyen reste encore très limité ;

Facteurs de performance

La précision du missile de croisière dépend des erreurs de navigation de l'avion porteur, qui servent à initialiser en position et vitesse et aligner en attitude le missile avant tir et viennent ainsi s'ajouter aux erreurs intrinsèques de la centrale de guidage.

Pour des trajectoires longues (le missile est guidé jusqu'au but), les erreurs inertiennes peuvent devenir rédhibitoires vis-à-vis du besoin et imposent dans ce cas des recalages de la navigation. Les moyens externes classiquement utilisés s'appuient sur le terrain survolé (corrélation altimétrique, imagerie...), ce qui est bien adapté à ce type de missiles.

- le recalage TRN, moins précis et à couverture réduite (disponibilité des modèles de terrain), mais dont l'intégrité est plus maîtrisable (utilisation de moyens d'observation).


Le guidage des missiles stratégiques est au cœur d'un système complexe et concourt à la précision au but de ces armes. Les contraintes imposées par la nature des missions stratégiques (pénétration, indépendance, invulnérabilité...) exigent des systèmes de guidage spécifiques de hautes performances à base de centrales inertielle et de moyens de recalages précis. En particulier, les classes de précision nécessaires pour les senseurs inertiels sont supérieures à celles des autres systèmes d'armes.

Les techniques de guidage des missiles sont aujourd'hui bien maîtrisées. Elles sont suscep-

tibles d'évoluer en fonction de différents facteurs, notamment :

- l'apparition de technologies nouvelles de senseurs inertiels qui permettent d'espérer une amélioration du ratio coût/performance sauf aspects durcissement : tenue aux rayonnements nucléaires ;
- l'augmentation de la puissance des calculateurs de bord qui permettent d'envisager l'emploi systématique de filtres optimaux avec pour perspective une optimisation des performances (portée/précision) ;

l'amélioration des techniques de préparation de mission.

Ces progrès permettront l'optimisation des systèmes d'armes de la dissuasion, garantissant la crédibilité du système de forces, en répondant également aux contraintes de maîtrise des coûts. 

Le rôle de la simulation dans la dissuasion nucléaire

par Cécile SELLIER, ingénieur principal de l'armement
et Lucien STEINMETZ, ingénieur civil
Centre d'analyse de défense - Direction des systèmes de forces et de la prospective

"Nuclear deterrence is peculiar in this that it operates weapon systems and implements command and control devices whose efficiency is all the better as they never deliver their weapons. In the service of a dissuasive strategy, the whole system ought to be able, at every moment, to demonstrate and to evaluate its global efficiency, its reliability and its invulnerability, while taking into account the heavy constraints formed by the requirement for absolute confidentiality activities and the non-existence of any operational experience, which attests the strategy's success. Within this framework, simulation takes an active part, by more than one way, in this demonstrative capacity concerning the present and future means' capability to perform their deterrent mission."

La dissuasion nucléaire a ceci de spécifique qu'elle met en œuvre des systèmes d'armes et des chaînes de commandement et de contrôle opérationnels dont l'efficacité se mesure au fait qu'ils ne délivrent jamais leurs armements. Au service d'une stratégie dissuasive, donc opérant sur le registre de la conviction, le système doit pouvoir, à tout instant, à la fois démontrer et évaluer son efficacité globale, sa fiabilité et son invulnérabilité, tout en tenant compte des contraintes fortes que constituent l'exigence de discrétion absolue et l'inexistence de tout retour d'expérience opérationnelle, signe de succès de ladite stratégie. Dans ce cadre, la simulation participe à plus d'un titre à cette capacité démonstrative de l'efficacité des moyens en service et futurs à remplir leur mission dissuasive, en complément bien sûr des indispensables moyens expérimentaux.

La dissuasion et la simulation

Le concept de la dissuasion nucléaire stratégique se fonde sur la perception par un adversaire d'avoir à subir des dommages inacceptables s'il s'en prenait à nos intérêts vitaux. L'hypothèse de ce recours ultime à des frappes nucléaires ne s'envisage que dans le cadre d'une situation de conflit très avancée. Dans un tel contexte, nos autorités politiques doivent s'adosser à une conviction sans faille dans l'efficacité de nos moyens. D'autre part, les autorités adverses devront être convaincues qu'elles n'ont aucun moyen d'être tout à fait sûres de maîtriser, préventivement ou défensivement, une quelconque frappe nucléaire décidée par la France.

Bien entendu, comme dans toute autre activité de mise en place et d'utilisation de moyens techniques, la simulation sert tout d'abord à en préparer les aspects techniques, en maîtriser le développement et les coûts, ensuite à former et entraîner les personnels et préparer l'emploi.

Cependant le système de forces qui met en œuvre les principes de la dissuasion nucléaire présente un rapport tout à fait spécifique à la simulation.

• En premier lieu, la dissuasion repose, par essence même, sur ses capacités à être

démonstrative. C'est pourquoi elle doit s'évertuer à exposer de quelle brillante façon les différents systèmes d'armes répondent aux exigences opérationnelles requises par l'état-major des forces nucléaires. Dans cette optique, la crédibilité de nos efforts techniques s'appuie d'abord sur des moyens expérimentaux (essais proprement dits des armes ou des vecteurs, des sous-systèmes associés ou des phénomènes physiques qui interviennent). La simulation numérique vient en complément à ces démonstrations très visibles.

- En second lieu, l'impératif de discrétion prévaut quant à la réalisation des moyens de la dissuasion, aussi bien pour nous que pour les systèmes de défense adverses opposables. En outre, dans le domaine, la notion même de "retour d'expérience opérationnelle" ne présente aucune consistance, du moins aussi longtemps que la dissuasion fonctionne. En conséquence, seule des méthodes de simulation du système permettent de dimensionner, prévoir, évaluer, planifier la chaîne de dissuasion.
- Enfin, la doctrine française de la dissuasion nucléaire, fondée sur la notion de "juste suffisance", impose un dimensionnement de notre système au niveau tout juste adapté aux moyens adverses, une fois tenu compte, bien sûr, des dommages infligés qui doivent être considérés comme inacceptables par le pays cible.

C'est sur cette particularité des développements de la simulation au service de la dissuasion que nous voulons nous concentrer à présent, en proposant un petit parcours (ou un petit sondage...) à travers les différentes problématiques qui concourent au système de force :

- la nature et l'ampleur de la menace à exercer ;
- les éléments indispensables à la survie de nos moyens dans un environnement d'agression adverse très ouvert, y compris sur le territoire national ;

- les efforts techniques à mettre en place pour rester crédible face aux moyens de défense adverses. Dans ce contexte, la simulation nous permet d'appréhender les éléments de défense techniques ou tactiques que nos systèmes pourraient être amenés à rencontrer.

Toutes sortes de méthodes de simulation sont utilisées dans le domaine de la dissuasion. Dans le domaine de l'analyse du concept, des simulations sous forme de "jeux de rôle" sont utilisées, où les différents participants se mettent à la place des grands décideurs. A partir de données qui pourraient être celles d'une situation réelle, ils mettent en exergue les éléments de décision à tous niveaux ainsi que leurs conséquences éventuelles sur la poursuite de la crise. Ce type d'exercice est beaucoup pratiqué aux Etats-Unis.

- Des simulations très techniques, voire scientifiques, sont également élaborées pour analyser les conséquences de frappes nucléaires sur des structures ou des personnels, pour cerner les possibilités ultimes de systèmes que la France ne développe pas (systèmes ABM, par exemple) mais qui peuvent lui être opposés, etc.
- Des simulations plus globales tentent de cerner les aspects très systémiques sur l'ensemble de la chaîne opérationnelle, aussi bien dans le domaine balistique que pour la filière aéroportée. Dans ce cadre, il s'agit de tenir compte de notions probabilistes et des enchaînements opérationnels ou décisionnels afin d'évaluer l'ensemble de l'engagement entre l'attaque et la défense.

La simulation des conséquences immédiates de l'explosion nucléaire

Le Livre Blanc de 1994 rappelle le concept français de la dissuasion comme « *la volonté et la capacité de faire redouter à un adversaire, quel qu'il soit et quels que soient ses moyens, des*

dommages inacceptables ». Cette notion de dommages inacceptables s'étudie en termes de nature de dommages, de perception de destructions liées à une explosion nucléaire et, enfin, de définition de moyens à y associer (en nombre et en performances). La simulation permet de faire progresser la connaissance sur chacun de ces points ; l'hypothèse que l'adversaire potentiel procède aux mêmes simulations nous permet d'escompter que le caractère dissuasif démontré par nos approches peut être correctement perçu par l'adversaire. Toutes les analyses de dommages sont donc menées à la fois sur une comptabilité de dommages minimum assurés (le point de vue à faire percevoir à nos autorités) et de dommages maximum induit (analyse probable d'une perception adverse). Les différents points abordés par des techniques de simulation sont les suivants.

- ❖ **Dommages inacceptables** : cette notion présente des aspects à la fois politiques, économiques et militaires. Dans le cas de la stratégie traditionnelle de frappe anticités, les images des destructions opérées sur Hiroshima et Nagasaki habitent suffisamment la mémoire collective des peuples pour ne laisser aucune zone d'ambiguïté quant à leur caractère inacceptable. En revanche, toute alternative à une telle frappe qui viserait à détruire de façon plus ou moins sélective des centres de décision ou de production nécessite une modélisation du fonctionnement global d'une économie ou d'une organisation afin d'y chercher des cibles qui présentent un caractère de dommage inacceptable pour le pays attaqué, tout en le préservant, autant que faire se peut, de dommages non souhaités.
- ❖ **Conséquences immédiates d'une explosion nucléaire sur les personnels et les structures** : elles s'appréhendent par l'intermédiaire de modélisations recalées sur les utilisations de l'arme nucléaire à Hiroshima et Nagasaki ou par rapport aux

essais aériens. Ces modèles sont fondés sur des descriptions analytiques et probabilistes de chaque type de structure et de la répartition des personnels selon différentes sortes de situations de protection (personnels en vue directe ou dans différentes situations abritées). Ils doivent tenir compte du caractère aléatoire d'une frappe, dont l'efficacité est soumise aux écarts possibles en termes de précision avec laquelle cette frappe peut être délivrée (erreurs horizontales, verticales et sur l'énergie), ainsi que des imprécisions de notre connaissance des structures au sol et de la répartition des personnels dans ces structures. La simulation permet ainsi de procéder à des évaluations des conséquences prévisibles d'une frappe sur un objectif complexe étendu. Enfin, le domaine des effets d'explosions nucléaires en haute altitude, qui ne génère que des champs électromagnétiques importants au sol, est particulièrement difficile à analyser. En effet, l'éventuelle réversibilité des dommages infligés aux installations électriques ou électroniques ainsi que la complexité de la propagation des effets sur l'ensemble des systèmes touchés compliquent toute évaluation du caractère inacceptable d'une telle frappe. A ce niveau, seules des simulations appuyées sur des descriptions fines des vulnérabilités liées au fonctionnement d'ensemble du complexe électrique ou électronique permettent d'évaluer le caractère inacceptable des dommages.

- ❖ **Conséquences à moyen terme d'une frappe nucléaire stratégique sur le plan économique et politique**, sans oublier les aspects écologiques. Des efforts ont été menés par des universités américaines dans les années 1970-1980 pour évaluer les conséquences à moyen terme sur l'organisation et le fonctionnement (PIB) d'un pays dont une partie des forces vives ou installations essentielles s'avèrerait détruite par une frappe nucléaire. Dans le cas de frappes aérien-

nes, les destructions infligées peuvent être traitées comme "classiques", tant il est vrai que l'aspect proprement nucléaire ne survit que peu de temps à l'explosion au niveau du sol : l'essentiel des produits radioactifs de fission ou d'activation est chassé vers la haute atmosphère. Une analyse fine des conséquences de telles frappes nécessiterait des modèles détaillés de comportements atmosphériques qui sont aujourd'hui encore inaccessibles. Par ailleurs, des scénarios basés sur des frappes nucléaires au sol (frappes anti-forces) ont également été étudiés dans les années 80, aboutissant à des études de type "hiver nucléaire".

La simulation de l'emploi

La simulation de l'emploi répond à deux vocations différentes : d'une part, elle participe à la préparation de l'emploi des moyens de dissuasion en utilisant divers niveaux de modélisations techniques de la préparation de mission, de la patrouille des porteurs (avion ou SNLE) et du vol des missiles ; d'autre part, ces simulations concourent à l'entraînement et à la formation des opérationnels en permettant aux personnels d'aborder tous les éléments indispensables à la mise en œuvre des moyens et de mettre en évidence les parties techniques et décisionnelles afférentes.

La simulation de la conception des armes

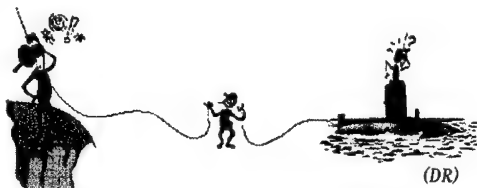
Pendant plusieurs décennies, l'efficacité technique de nos travaux sur les armes nucléaires se démontrait de façon "éclatante" et médiatisée par les essais nucléaires. C'était l'aboutissement de tout un processus de conception dans lequel la simulation, sous toutes ses formes, a toujours tenu une place importante. Depuis la décision d'arrêter les essais nucléaires, la simulation reste le facteur incontournable pour comprendre, modéliser et "expérimenter", mais elle doit s'appuyer,

plus que jamais, sur des installations techniques d'essai qui confortent les modélisations et permettent de montrer la permanence et la qualité de nos efforts d'une façon compréhensible par la communauté internationale. La simulation informatique, trop discrète sur ce point, ne peut servir à elle seule à laisser percevoir l'importance des efforts consentis pour pérenniser notre capacité à concevoir et développer des armes.

La simulation dans la transmission des ordres d'engagement

La dissuasion utilise un certain nombre de moyens de transmissions qui lui sont spécifiques. Ces moyens permettent la gestion de la situation tactique des forces participant à la dissuasion et, en dernier ressort, la transmission des ordres stratégiques. La simulation est utilisée à deux niveaux.

- Pour l'analyse des vulnérabilités techniques des sites ou installations, modéliser des scénarios d'agression qui permettent d'évaluer la protection des systèmes actuels et de définir les spécifications de tenue de systèmes futurs.
- Pour l'analyse des vulnérabilités globales des systèmes de transmissions, en tenant compte des organisations et des redondances. La problématique de la survie globale de moyens de télécommunication repose sur la certitude qu'à aucun moment une partie adverse ne doit avoir le sentiment de pouvoir couper les liens entre les autorités et les moyens. Les simulations permettent de confronter des scénarios d'agressions, des configurations de moyens et des modalités d'utilisation ainsi que d'analyser la perception possible de l'efficacité d'actions hostiles.



La simulation de l'invulnérabilité des SNLE

Un sous-marin nucléaire lanceur d'engins en patrouille a pour mission de se fondre dans la mer profonde et de ne pas se faire détecter en attendant la directive ultime de lancement de la frappe stratégique. La Force océanique stratégique est ainsi en service opérationnel permanent. Une simulation de l'invulnérabilité des SNLE s'appuie sur le retour d'expérience de cette mise en œuvre permanente de la dissuasion par la Marine nationale. La discrétion du déplacement de nos sous-marins est garante de leur survie. La simulation des patrouilles permet de comprendre les aspects techniques et décisionnels et de se projeter dans un contexte fortement hostile et de haut niveau technique qui pourrait exister dans des périodes de tensions internationales fortes. Selon le niveau scientifique et technique d'un adversaire potentiel, trois voies sont explorées.

- La discrétion acoustique : entendre sans être entendu ; une simulation s'appuyant sur la modélisation de la propagation sous-marine des bruits émis par les sous-marins ou, à moyen terme, sur la réflexion d'émissions sonores basses fréquences en provenance des futurs sonars actifs des chasseurs de sous-marins, permet d'appréhender statistiquement les rencontres rares entre chasseurs et chassés et d'analyser la probabilité que pourrait espérer un adversaire d'anéantir la totalité de nos moyens de riposte avant que nous puissions nous en apercevoir, donc réagir.

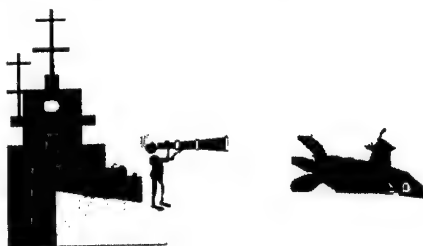
- Ne pas laisser de traces : le but consiste à modéliser les possibilités futures de détections basées sur des traces aujourd'hui inexploitable (bulles, radioactivité, mouvements marins) et à simuler les comportements de systèmes de détection associés et leur incidence sur les probabilités de détection ou de pistage de nos moyens. En parallèle, il est possible d'analyser l'incidence de parades possibles.
- Rester en liaison en maintenant une discrétion absolue : c'est une obligation pour nos SNLE. Nominale, ils utilisent des antennes remorquées LF/VLF ou des aériens qui reçoivent à d'autres fréquences. Cette écoute se révèle plus ou moins discrète selon l'état de la mer. Les simulations tentent de comprendre dans quelles conditions ces antennes pourraient amener à des indiscretions, identifications ou pistages.

Particularité : la simulation de l'invulnérabilité s'intéresse à identifier les phénomènes rares que sont les rencontres entre chasseurs et chassés. Obtenir des résultats statistiques interprétables sur de tels phénomènes nécessite un grand nombre de simulations donc des temps de calculs importants (d'autant plus lorsque l'on cherche à modéliser les phénomènes physiques avec précision).

La simulation de la pénétration des missiles balistiques vis-à-vis des systèmes de défenses adverses

Les particularités des trajectoires balistiques

Les missiles balistiques sont propulsés pendant les premières minutes, puis larguent les têtes nucléaires et les objets d'accompagnement. Ceux-ci sont alors soumis à la seule gravité et voyagent tous à la même vitesse. Leur traînée aérodynamique n'intervient que vers la fin de la trajectoire, en phase de rentrée atmosphérique. Les distances parcourues sont



(DR)

grandes (3 000 à 5 000 km) et les vitesses importantes (4 à 5 km/sec). Les objets ne sont généralement pas manœuvrants, les trajectoires sont donc prédictibles. De grands efforts de simulation sur ce sujet sont mis en œuvre en France et à l'étranger pour analyser les possibilités de détecter de tels tirs balistiques, d'observer les cortèges balistiques, d'y discerner les têtes nucléaires et de les intercepter.

La modélisation des systèmes d'armes adverses potentiels (caractéristiques et performances)

Durant les années 1960 à 1980, les Etats-Unis et l'URSS ont déployé des efforts importants pour utiliser des moyens traditionnels pour l'observation et l'interception (y compris à charge nucléaire) ; depuis les années 1980-1990, des techniques plus futuristes ont été évoquées. Aujourd'hui l'effort (financier et industriel) le plus important est fait par les Etats-Unis pour développer des systèmes d'observation radar et optronique (sur satellite ou sur avion), ainsi que des moyens d'interception adaptés au combat face à des missiles balistiques de portées supérieures à 5 000 km.

La France n'a pas de projet industriel d'envergure dans ce domaine des systèmes d'observation et d'interception. Les analyses de crédibilité des différents projets, qui sont apparus ou qui (dans nos rêves d'ingénieurs) pourraient apparaître un jour, sont menées à partir de modélisations informatiques. Les simulations sont ici généralement très techniques et font appel aux meilleurs spécialistes des satellites, des radars, des capteurs optroniques ou des systèmes d'interception. Elles permettent de mettre en évidence les gaps technologiques, les algorithmes à développer et les performances possibles lorsque l'on pousse la technique à ses limites. Les difficultés rencontrées par les Américains dans les essais liés aux systèmes d'interception de la NMD montrent que beaucoup de nos approches sous-estiment sans doute largement les difficultés de la mise au point de tels systèmes.



La simulation de la confrontation attaque - défense

Depuis le début de nos missiles balistiques, des études sont menées en permanence pour évaluer les systèmes de contre-mesures qui doivent accompagner les têtes nucléaires pour rendre une défense inefficace, donc inutile. Il est bien évident que de telles études nécessitent de pouvoir confronter les contre-mesures imaginées aux systèmes d'observation et d'interception adverses. De grands projets de simulation ont été menés depuis 1974. Selon les puissances informatiques disponibles, elles ont eu l'ambition d'intégrer de plus en plus de détails dans la description des acteurs. Ces démarches ont permis une bonne compréhension des interactions, mais ont toutes été progressivement abandonnées à cause d'une complexité devenue non maîtrisable. Aujourd'hui, la philosophie est de réserver les simulations fines (en termes techniques) aux études de duels et de mener des simulations plus globales pour les interactions entre une attaque balistique stratégique et une défense de territoire. Une telle approche permet de mesurer l'incidence des aléas d'observation et d'interception, de la méconnaissance des phénomènes liés aux interceptions nucléaires, de l'importance des schémas décisionnels et des aspects de saturation de l'observation ou de l'interception.


La simulation de la pénétration des missiles aérobie vis-à-vis des systèmes de défenses adverses

La modélisation du comportement d'une défense sol-air ou air-air vis-à-vis d'un raid aérien est similaire, que l'attaque soit conven-

tionnelle ou nucléaire. Dans ce dernier cas, seuls les éléments décisionnels de la défense peuvent être modifiés par les contraintes liées à la nécessité d'une défense étanche. Les simulations pour appréhender l'efficacité dissuasive de notre armement air-sol nucléaire stratégique se concentrent sur l'importance des notions d'organisation de la défense, des aléas d'observation, des contraintes d'intervention, des schémas de décision. Elles permettent surtout d'appréhender la difficulté pour un adversaire d'obtenir un bon niveau de certitude que ses défenses parviendront à intercepter tous nos systèmes, alors que la défaillance de ses barrières d'interception face à un seul de nos missiles lui causerait un dommage inacceptable.

Les différentes formes de simulation permettent de démontrer la crédibilité de nos moyens et de comprendre la réaction possible d'un adversaire. Ces techniques, même utilisées à grande échelle,

permettent de vérifier en permanence l'efficacité technique de nos systèmes nucléaires stratégiques en service et d'imaginer les systèmes d'un conflit futur à petits crédits.

Le CAD est l'un des acteurs chargés par la communauté dissuasion de développer et d'utiliser une grande partie des simulations à des fins d'évaluation et de préparation de nos systèmes futurs. Le service des programmes nucléaires, le CEA/DAM, la DCE, l'ONERA et beaucoup de partenaires industriels participent à cet effort pour tenter de limiter la complexité technique et donc les coûts de ces systèmes futurs au juste nécessaire, face à des systèmes d'intervention adverses aux performances techniques raisonnablement dimensionnées. Ainsi, la simulation s'avère indispensable dans l'ensemble de la chaîne dissuasive. Cependant il convient de souligner fortement qu'elle ne permet absolument pas de faire l'économie de **grands projets visibles et démonstratifs de notre volonté de conserver un outil de dissuasion efficace** 

Le durcissement des systèmes aux effets des armes nucléaires

par Christian MAURY, ingénieur civil
Centre d'études de Gramat - Direction des centres d'expertise et d'essais

Nuclear hardening encompasses a range of actions aimed at reducing the minimum distance at which a system is vulnerable to disruption or destruction by the effects of a nuclear explosion. Hardening is a cross-disciplinary activity that is applied to the effects of weapons of mass destruction with a low occurrence probability and exploits a diversity of skills to address the wide range of effects generated (electromagnetic, material radiation inter-reaction, blast and heat etc.); it also requires a certain degree of system awareness. Finally, the principles employed in hardening deterrence-related systems differ from those applied to conventional systems. For the former, the aim is to prevent attack by convincing the aggressor that any such action would inevitably result in a price being exacted that exceeded any anticipated advantage; hardening must therefore be impregnable. In the latter case, however, the approach is based on a cost-benefit compromise.

Le durcissement contre les effets des armes nucléaires est l'ensemble des actions permettant de diminuer la distance à partir de laquelle un système est susceptible d'être perturbé ou détruit par les effets d'une explosion nucléaire.

Activité à caractère transverse, appliquée aux effets d'armes de destruction massive ayant une faible probabilité d'occurrence, le durcissement fait appel à de nombreuses connaissances du fait de la diversité des conséquences (effets électromagnétiques, interaction rayonnement matière, souffle et thermique...) et exige de surcroît un certain niveau de connaissances système. Enfin, le durcissement diffère selon qu'il s'agit de systèmes contribuant à la dissuasion ou de systèmes conventionnels. Pour les premiers, l'objectif est de prévenir toute agression en convainquant l'adversaire que toute attaque aurait pour

lui, à coup sûr, un prix à payer supérieur au bénéfice attendu. Le durcissement prend alors un caractère incontournable, à la différence des seconds, pour lesquels l'approche repose sur un compromis coût/efficacité.

Il s'agit d'un domaine dans lequel la compétence étatique a permis de développer des méthodologies qui ont été mises à la disposition des industriels. Aujourd'hui, à l'exception de la protection de l'homme, l'activité d'expertise étatique de la protection des matériels contre les effets des explosions nucléaires est regroupée au Centre d'études de Gramat.

Les paramètres importants

Durcir un système exige une démarche rigoureuse, commencée dès le démarrage du programme. Dans le cas contraire, les actions menées ne peuvent être que des actions palliatives au caractère d'autant plus onéreux que le programme est avancé.

Le besoin opérationnel est exprimé dans la fiche de caractéristiques militaires, et contient les paramètres essentiels : puissance et altitude de l'explosion ; distance entre point d'explosion et système concerné ; performances attendues du système après agression, avec notamment des données telles que le type de fonctionnalité à protéger, le délai de recouvrement après agression, la durée de vie du système... Ceci ne peut s'établir avec précision qu'après des échanges entre les états-majors qui expriment leur besoin, la DGA qui traduit ce besoin en spécifications techniques et l'industriel qui réalise le système. Ces éléments permettent de connaître le niveau de l'agression à l'entrée du système ainsi que les différents effets induits. L'interaction avec le système détermine le niveau de contrainte sur les différents constituants du système.

L'étape suivante consiste à étudier, selon le stade de définition du système, le niveau de sensibilité aux effets induits par l'agression. Puis à regarder le type de solution à mettre en œuvre. La dernière étape doit permettre de valider la solution retenue. Autre point majeur à considérer : la maintenance du durcissement. Il s'agit en effet de s'assurer que les mesures de protection du système lui permettront de résister au niveau requis par la spécification durant toute sa durée de vie. Les mesures à mettre en œuvre dépendent étroitement des solutions retenues. Il importe donc d'anticiper cet aspect du problème et de l'intégrer dans la démarche durcissement.

Le scénario d'agression et ses effets

Une explosion nucléaire émet toute son énergie sous forme de rayonnement, aussi le milieu environnant va-t-il conditionner les différents effets susceptibles de perturber les systèmes. De ce point de vue, l'influence de l'altitude de l'explosion est prépondérante. Dans ce qui suit, deux scénarii principaux sont décrits : les explosions exo-atmosphériques et les explosions endo-atmosphériques. Une description exhaustive de tous les effets

conduirait à de trop longs développements, voilà pourquoi des effets tels que la scintillation, le *black-out*, le *red-out*, etc., ne sont pas abordés ici.

Explosions exo-atmosphériques

Ces explosions se produisent à des altitudes supérieures à quelques dizaines de kilomètres, et peuvent agir sur des systèmes situés à plusieurs milliers de kilomètres de distance. En effet, situés hors de l'atmosphère terrestre dense, les rayonnements ionisants peuvent se propager sans atténuation sur des distances considérables. Une partie d'entre eux est émise vers l'atmosphère terrestre, l'autre partie étant émise vers l'espace. Hormis dans le cas particulier de l'environnement spatial, l'action d'une explosion nucléaire est de type transitoire, rapide (de quelques dizaines de nanosecondes à quelques secondes) et de forte amplitude.

Effets sur les systèmes endo-atmosphériques : l'IEMN ⁽¹⁾

Le rayonnement γ émis vers la terre provoque l'ionisation des couches atmosphériques et la création d'une impulsion électromagnétique due au déplacement des électrons créés consécutivement à cette ionisation. L'impulsion est susceptible d'endommager les systèmes aéroterrestres dans une zone de plusieurs milliers de kilomètres autour du point d'explosion. Tous les systèmes endo-atmosphériques sont concernés par cet effet.

Effets sur les systèmes exo-atmosphériques : effets des rayonnements

La partie des rayonnements émise vers l'espace provoque deux catégories de phénomènes :

- les **phénomènes prompts** (quelques dizaines de nano-secondes), dus aux photons X qui se propagent sur des distances consi-

⁽¹⁾ IEMN : Impulsion électromagnétique nucléaire.

dérables (quelques dizaines de milliers de kilomètres), n'ayant pas à subir d'atténuation liée à la présence de l'air. Ces effets sont soit des effets électromagnétiques dus à l'interaction des photons avec les différents matériaux du système (SGEMP)⁽²⁾, soit des effets directs sur l'électronique (TREE)⁽³⁾, soit des effets thermomécaniques dus à un dépôt intense de photons de faible énergie dans les matériaux externes du système. Pour les systèmes spatiaux, l'action conjointe de l'environnement spatial et des rayonnements prompts conduit à une synergie de ces effets ;

- les phénomènes différés, dus au piégeage des particules chargées dans les ceintures de radiations autour de la terre. Ce piégeage est susceptible de durer plusieurs semaines⁽⁴⁾. Il peut soit provoquer des décharges électrostatiques, soit renforcer fortement les effets de dose déposée dans les composants.

Explosions endo-atmosphériques

La présence de l'air environnant limite l'action de l'explosion à des rayons de quelques kilomètres. Cette présence provoque l'apparition d'effets que l'on ne rencontre pas lors d'explosions exo-atmosphériques, tels que les effets souffle et thermique. Enfin, concernant les effets des rayonnements, les photons de faible énergie sont filtrés ne laissant en jeu que les photons de haute énergie.

Les effets que l'on retrouve sur les systèmes sont les suivants :

- l'IEMN dite "basse altitude" ;
- les effets de souffle et thermique dus, respectivement, à la présence d'air et à la création d'une boule de feu portée à une température de plusieurs milliers de degrés. Ces

effets ont également une grande influence sur l'environnement, naturel ou non, (destructions massives ou incendies), avec des incidences éventuelles sur la poursuite des missions dévolues à des systèmes mobiles entre autres ;

- les effets des rayonnements. La seule présence de rayonnement de forte énergie modifie profondément leurs effets, dans la mesure où le processus d'interaction du rayonnement avec la matière dépend étroitement de l'énergie du rayonnement incident. Dans des zones proches de l'explosion on retrouve également des effets électromagnétiques.

Le durcissement

Le scénario fixant les caractéristiques de l'explosion étant connu, il importe de savoir quelles sont les performances exigées pour le système après agression. Autre donnée importante : la durée de vie des systèmes entre la prise de décision et la fin de vie du système (environ 30 ans), avec les contraintes y afférant : soutien logistique et coût de possession, maintien de la performance de durcissement tout au long de la durée de vie du système.

La mise en œuvre du durcissement repose sur une méthodologie qui doit être intégrée aux différentes étapes du programme. Elle s'appuie également sur différents moyens de simulation, constitués à la fois de moyens expérimentaux et de moyens numériques. En général, chaque moyen expérimental (voire théorique) est dédié à la simulation de l'un des effets d'une explosion nucléaire. Leur utilisation doit constituer une partie intégrante de la méthodologie.

Concernant la méthodologie, les principales étapes du durcissement sont les suivantes : en premier lieu, le scénario permet de déterminer le niveau d'agression ramené sur le système ; l'étape suivante consiste à acquérir la connaissance du système, notamment

⁽²⁾ SGEMP : System Generated Electro-Magnetic Pulse.

⁽³⁾ TREE : Transient Radiation Effects on Electronics.

⁽⁴⁾ L'expérience STARFISH a été une illustration de ce phénomène d'enrichissement des ceintures de radiations.

d'un point de vue fonctionnel ; il s'agit ensuite de calculer l'environnement créé par chaque effet, avant de proposer une solution de durcissement, le niveau de détail de la solution étant adapté à l'avancement du programme ; la dernière étape consiste enfin à s'assurer que la solution proposée répond bien au besoin opérationnel exprimé – dans la négative, il convient de re-initier le processus.

Parallèlement, il est indispensable de s'assurer de l'impact financier de la solution, des moyens de validation et de qualification du durcissement. Ces différentes actions ont naturellement un caractère itératif et doivent être renouvelées à chaque étape du programme.

Durcissement contre les effets d'une explosion exo-atmosphérique

Pour les systèmes endo-atmosphériques, le seul effet d'une explosion exo-atmosphérique est celui de l'impulsion électromagnétique (IEMN). Cependant, dans une perspective d'optimisation, on peut prendre en compte l'ensemble des effets électromagnétiques (UEME)⁽⁵⁾, qu'il s'agisse de menaces intentionnelles (IEM, MFP...) ou de contraintes d'environnement (CEM, champs forts...). Physiquement, le couplage de la seule IEM avec le système s'effectue selon deux mécanismes :

- l'action du champ électromagnétique rayonné à travers les défauts de faradisation du système ;
- l'action du champ électromagnétique conduit, qui se couple avec les liaisons électriques pour créer une impulsion parasite ramenée à l'entrée des équipements.

D'autres systèmes évoluent hors atmosphère terrestre. Les missiles balistiques et les satellites en font partie. La différence essentielle entre les deux systèmes réside dans le fait que l'environnement spatial constitue le milieu naturel dans lequel évoluent les satellites,

alors que les missiles ne restent dans cet environnement que durant quelques minutes : l'environnement spatial agit comme un amplificateur des effets des armes nucléaires sur les satellites. Le missile n'est soumis qu'aux seuls effets prompts (quelques dizaines de nanosecondes).

Le durcissement des missiles stratégiques, qui constituent la pierre angulaire de notre dissuasion, est spécifique dans la mesure où il contribue à la crédibilité de la dissuasion. Si la méthodologie de durcissement qui leur est appliquée repose sur le même type de démarche que pour le durcissement de tout autre système, la garantie qu'ils répondront bien à la spécification de durcissement demandée doit être très élevée. Cela se traduit naturellement par un impact important quant au type de solutions retenues et aux mesures mises en œuvre. Pour les satellites, la notion de coût/efficacité constitue un élément majeur dans la mesure où ce type de système obéit à des contraintes particulières de poids et d'environnement.

A titre d'illustration, le durcissement des satellites a, à plusieurs reprises, été abandonné pour des questions de coût. En effet, des solutions directement dérivées des systèmes stratégiques ne pouvaient pas être adoptées. Une approche plus pragmatique et mieux adaptée a permis de diminuer ces coûts de plus d'un ordre de grandeur pour les ramener à un niveau acceptable, niveau pour lequel le risque de ne pas durcir ne peut être pris.

Protection contre l'IEM

Les solutions reposent essentiellement sur des blindages de liaisons électriques qui permettent d'éviter les couplages des parasites électromagnétiques avec ces liaisons, de filtres et des écrêteurs afin de limiter les parasites conduits à l'entrée des équipements.

(5) UEME : Unified Electro-Magnetic Environment.

Enfin, la faradisation constitue l'un des moyens de protection contre les parasites rayonnés.

Protection contre le rayonnement

Pour les explosions exo-atmosphériques, l'énergie des photons étant faible, leur interaction avec le système crée des phénomènes divers. Il s'agit à la fois d'effets de nature électromagnétique dus à la création d'électrons produits lors de l'interaction des photons avec les parois du système, et d'effets directs sur l'électronique.

La protection contre les rayonnements prompts

Des solutions de coupures d'alimentation peuvent être envisagées, dans les cas où le niveau de l'agression est suffisamment élevé, pour éviter tout risque de destruction des composants. Ce type de protection nécessite une gestion centralisée, pour détecter l'agression en temps utile et couper les alimentations des équipements dans un délai suffisamment bref. Enfin le système doit être remis en fonctionnement après une période adaptée pour ne pas mettre la mission en péril.

Une autre méthode de durcissement consiste à utiliser des composants durcis. Cette solution est de moins en moins utilisée dans la mesure où l'emploi de composants du commerce est plus fréquent, le marché militaire représentant une part devenue trop faible pour justifier des développements technologiques devenus onéreux.

La conception de circuits durcis permet par l'élaboration de schémas appropriés de protéger l'électronique. Le blindage constitue un moyen simple mais à utiliser avec discernement.

Afin de limiter l'amplitude du parasite créé à l'intérieur d'un système par l'interaction du rayonnement avec ses différents matériaux, on cherche à limiter l'émission d'électrons sur les parois en utilisant des

matériaux de faible numéro atomique. La combinaison avec des matériaux lourds permet de combiner cette action avec le filtrage des rayonnements.

La protection contre les effets thermomécaniques conduit à l'utilisation de matériaux spécifiques leur permettant de supporter des dépôts intenses d'énergie, dans des temps très brefs.

Au-delà du simple énoncé de ces méthodes de protections utilisables séparément ou non, une analyse doit être menée afin de réaliser au mieux la symbiose entre le niveau de durcissement demandé, et le système considéré. A titre d'illustration, une solution de blindage sera analysée différemment selon qu'il s'agira de protéger un char, un missile ou un satellite.

La protection contre les rayonnements différés

Les rayonnements différés peuvent provoquer des décharges électrostatiques contre lesquelles il convient de se protéger par des règles de conception strictes (mise à la masse, interdiction de certains types de matériaux trop isolants...). Pour la dose déposée dans les composants, l'utilisation d'empilements de matériaux permet de limiter ses effets. Il est cependant nécessaire d'avoir une bonne connaissance de la nature et de l'énergie des particules contre lesquelles on veut se protéger, afin d'adapter le type de matériau et son épaisseur.

Durcissement contre les effets d'une explosion endo-atmosphérique

Une explosion endo-atmosphérique ne concerne donc que les systèmes situés dans un rayon de quelques kilomètres autour du point d'explosion. Les principaux effets sont l'IEM, les effets des rayonnements sur l'électronique, ainsi que les effets mécaniques et thermiques. La notion de durcissement équilibré est essentielle dans ce cas. Les mesures de protection doivent pren-

dre en compte l'ensemble des effets de manière à assurer une survie du système à une agression et non à un seul effet.


Concernant l'IEM et les rayonnements, les méthodes de protection ont été présentées ci-dessus. A noter cependant que, si les principes de protections restent les mêmes, le caractère beaucoup plus énergétique des rayonnements ionisants en atmosphère terrestre est de nature à influencer sur les solutions mises en œuvre.

La protection contre les effets souffle et thermique

C'est, le plus souvent, une protection basée sur une connaissance expérimentale du comportement des matériaux soumis à ces effets. Les méthodes de protection consistent à utiliser des matériaux « amortisseur », ou des renforts aux points névralgiques. Des systèmes d'arrimages permettent d'éviter le renversement de matériels. Concernant les effets thermiques, on cherchera par le biais de règles de conception à éviter la proximité entre certains matériaux ou de situer certains d'entre eux dans les endroits les moins directement exposés.

Les évolutions du contexte géopolitique ont profondément modifié les priorités. Depuis le début des années 90, la perspective d'un conflit majeur de type centre Europe a fortement décliné. Des scénarii sont devenus beaucoup moins probables, en même temps qu'augmentaient les risques de prolifération ou les perspectives de scénario associé à la projection de forces.

L'achat de matériel sur étagère, ainsi qu'une politique de réduction des coûts ont conduit à rechercher une approche plus précise, visant à réduire les incertitudes sur la connaissance des effets, sur les méthodes de protection mises en œuvre, sur les marges de durcissement.

Autre évolution majeure : les technologies. Les évolutions technologiques constituent un paramètre capable de modifier de manière importante le seuil de sensibilité de tel ou tel équipement. L'utilisation de nanotechnologies, le développement de matériaux nouveaux, l'abaissement des tensions de fonctionnement de l'électronique constituent autant de facteurs influents sur les seuils de sensibilité à tel ou tel type d'effet. 

Les transmissions des forces nucléaires

par Michel PELLET, ingénieur civil - adjoint à l'architecte du système de forces dissuasion - Direction des systèmes de forces et de la prospective
et Christine MARTEAU, ingénieur principal de l'armement - Service des programmes d'observation, de télécommunication et d'information

Nuclear forces are the core of the French defense system, thus they have to be connected with the highest political authorities and high commanding staff, through reliable and redundant communications systems. In particular, it is vital that the fire order, which is under the President's control, arrives as soon as possible at destination and without any doubt on it. Otherwise, in order to complete their mission the commanding staff need to command and control their means. So, it is essential to study the eventual impact on communications due to the weapons evolutions : the most sophisticated a weapon is, it becomes useless if the fire order can't arrive to it at the right time.

La dissuasion est au cœur de la stratégie de défense française ; aussi les différentes forces nucléaires doivent-elles être reliées en permanence aux décideurs politiques et aux grands commandements militaires par des moyens de communications sûrs et redondants. Il est essentiel que l'ordre d'engagement des forces donné par le Président de la République puisse être reçu dans les meilleurs délais et sans erreur.

De plus, pour mener à bien leur mission, les commandants des forces ont besoin en permanence de connaître et gérer l'état des moyens. Il est impératif d'étudier les éventuels impacts engendrés par l'évolution des armes, sur les moyens de transmissions : les systèmes d'armes les plus perfectionnés seraient en effet sans utilité si l'information de mise en œuvre ne leur arrivait pas.

▼ Vue aérienne de l'antenne de la station de Rosnay (DR).



Le concept

Les forces nucléaires françaises sont constituées de deux composantes : la force océanique stratégique (FOST) et les forces aéroportées qui comprennent, d'une part, les forces aériennes stratégiques (FAS) et, d'autre part, l'aviation embarquée sur porte-avions.

Il est primordial que la Haute autorité nationale (HAN) puisse donner l'ordre de feu aux forces nucléaires, quelle que soit la situation, c'est-à-dire même si le territoire national a subi une frappe de forte intensité. Un adversaire qui parviendrait à interrompre ces liaisons aurait le même résultat militaire que s'il avait détruit la totalité des forces nucléaires simultanément. On comprend donc que les principales qualités de ces liaisons soient la disponibilité, la sûreté et le délai d'acheminement plus que d'autres (telles que le débit ou la facilité d'emploi).

L'importance extrême de cet ordre explique que, s'il devait être émis, tous les moyens disponibles devraient être sollicités pour assurer sa diffusion et que, en plus des systèmes dédiés, tous les autres moyens encore disponibles au moment de l'ordre de tir seraient mis à contribution.

En dehors de cet ordre exceptionnel, il est essentiel que la Haute autorité militaire (HAM) puisse adresser aux forces, des Ordres de conduite des opérations (OCO) pour assurer la réussite de la mission. Au total, il est impératif que les transmissions des forces nucléaires assurent la continuité de la chaîne de commandement entre les autorités politiques et militaires et les forces de la dissuasion sans entraver le déplacement des unes et le déploiement des autres.

Il est usuel de distinguer deux types de moyens de transmissions : le premier regroupe les liaisons dites "permanentes" pour contrôler, renseigner et mettre en œuvre les forces nucléaires jusqu'au déclenchement d'une guerre ouverte ; le second comprend les moyens nécessaires à la transmission de l'ordre

d'engagement aux forces stratégiques et garantissant notre capacité de frappe en second après une première frappe nucléaire massive contre notre dispositif (contexte de survie).

La composante océanique participe à la permanence de la dissuasion, il est impératif qu'il en soit de même pour ses transmissions. Les SNLE se déplacent dans une zone très étendue : il faut que la portée des moyens de transmissions retenus garantisse la réception à tout moment quelle que soit la localisation du sous-marin. Qui plus est, les sous-marins évoluent à différentes profondeurs d'immersion tout en restant les plus discrets possible.

Les communications avec la composante aéroportée sont caractérisées par une grande diversité d'informations à transmettre. Entre autres, la notion de délai est importante. Les moyens de transmission doivent assurer des liaisons vers des récepteurs au sol (bases, avions) mais aussi en vol (avions, ravitailleurs) et ce, pour des portées dépassant le millier de kilomètres ; il est essentiel que la diffusion soit également garantie en ambiance perturbée.

Les spécificités des transmissions nucléaires font que la dualité avec les communications civiles est particulièrement difficile à trouver.

Les menaces

Outre la menace de frappe nucléaire, les transmissions nucléaires sont susceptibles d'affronter d'autres menaces : d'agression mécanique ; électromagnétiques ; de brouillage ; d'intrusion. Cet inventaire de menace n'est pas original en soi, mais il revêt un aspect particulier pour les communications stratégiques.

L'agression mécanique

Cette menace est réelle et présente une particularité pour les antennes d'émissions VLF/LF, liée à leur très grande taille. Aucun camouflage, ni aucune protection ne tient pour des pylônes de plus de 300 mètres de

haut. Cette fragilité est compensée par des antennes de secours que l'on pourrait déployer sans délais en cas de difficultés sur les pylônes et par une sécurité des sites assurée par des systèmes automatiques de surveillance très sophistiqués et des brigades de gendarmeries et des compagnies fusiliers commandos.

Pour les réseaux d'infrastructure la menace est limitée compte tenu, d'une part, de la dispersion géographique sur tout le territoire et du caractère extrêmement maillé des réseaux, ce qui les rend très résistants à toute attaque classique, et, d'autre part, par la diversité technologique mise en œuvre aux différents nœuds du réseau. En outre, ces liaisons sont doublées par des systèmes de très grand secours.

La menace électromagnétique

Elle a été identifiée depuis le début du système. Une explosion nucléaire en haute altitude crée une impulsion électromagnétique de très forte amplitude qui pourrait, par couplage sur les aériens ou sur les câbles divers, induire des avaries graves dans les systèmes. Cette menace est prise en compte dès le début de la conception des matériels, qui sont donc protégés contre ces effets dévastateurs. Ces dispositifs, moyennant des adaptations adéquates, protègent également les systèmes vis-à-vis des agressions par des micro-ondes de forte puissance. Ces dernières ne sont pas encore très répandues, mais ce risque est couvert.

La menace de brouillage

Le segment longue distance de ces communications est susceptible de brouillage, et cela d'autant plus que les nouvelles techniques d'émissions sous-tendues par les progrès de la technologie sont plus faciles à envisager que par le passé. C'est pourquoi, avant même que ce risque ne soit avéré, il a été développé et mis en service des modulations qui sont capables de résister à toutes les agressions de

ce type connues à ce jour ou envisageables dans un avenir prévisible. Concernant le brouillage des réseaux d'infrastructure, le maillage et la diversité technologique assurent une protection efficace.

La menace d'intrusion et la menace informatique

Cette menace, que l'on rencontre de plus en plus, est traitée par deux voies complémentaires. D'abord, les communications stratégiques sont isolées du monde extérieur et ne possèdent aucun raccordement avec des réseaux susceptibles de les "contaminer" comme pourrait le faire Internet. Cette isolation est réalisée par une séparation physique des systèmes. Par ailleurs, les messages possèdent, d'une part, des marquants qui garantissent l'intégrité des liaisons et, d'autre part, des moyens de chiffrement adaptés.

Problématique des télécommunications avec les sous-marins

Le problème technique le plus spécifique des liaisons stratégiques se trouve dans le segment métropole – sous-marin. En effet, ce segment est caractérisé par des distances de plusieurs milliers de kilomètres et surtout la nécessité de pénétrer dans l'eau pour permettre la réception des messages par un sous-marin en plongée.

L'opacité de l'eau de mer aux ondes électromagnétiques, qui permet au sous-marin de garder une invulnérabilité totale liée à la discrétion qu'elle lui procure, interdit les transmissions classiques. Dans ce cas, cette opacité n'est plus un avantage mais au contraire une difficulté majeure.

La conductivité de l'eau de mer ($\sigma = 4.5$ siemens/mètre) rend, d'une part, l'interface air-eau réfléchissante et, d'autre part, l'atténuation des ondes électromagnétiques dans l'eau très importante. Dans ces conditions, le sous-marin est bien "invisible"

dans l'eau de mer. En effet, tout se passe comme si le sous-marin naviguait dans un conducteur. Pour communiquer avec un sous-marin en plongée, il est nécessaire d'utiliser des ondes de très faibles fréquences dont la pénétration restera faible, mais autorisera tout de même les liaisons au prix d'une atténuation très grande. Les gammes retenues en France pour ce type de liaison sont la gamme VLF (3 à 30 kHz) et la gamme LF (30 à 300 kHz).

Ces gammes de fréquence présentent de plus l'avantage d'avoir une propagation dans l'air assez bonne sur de longues distances. La gamme VLF se propage en mode guidé entre la couche « D » de l'ionosphère (à partir de 90 km d'altitude) et la surface terrestre. Ce guide est de mauvaise qualité car les variations de conductivité sont nombreuses sur la surface de la terre entre les zones humides, les déserts, la mer ; en outre, chaque modification de conductivité induit des modes secondaires qui perturbent la propagation. La géométrie de ce guide est variable au cours du temps. La nuit, l'ionisation de la couche diminue et l'altitude de la couche augmente. Au contraire, le jour, la conductivité augmente et son altitude décroît. La propagation à travers la ligne de séparation jour/nuit se fait au prix de modifications dans les paramètres de propagation. La qualité du signal reçu dépend donc du parcours géographique, de l'heure de la journée et de la saison. A cela s'ajoutent des perturbations erratiques liées aux modifications brutales et imprévisibles de l'ionosphère comme les aurores boréales. Malgré toutes ces difficultés la propagation des ondes en gammes VLF procure des portées de plusieurs milliers de kilomètres.

La gamme de fréquence LF se situe au-dessus de la fréquence de coupure du guide d'onde, décrit plus haut. Pour cette gamme de fréquence, la propagation se fait par bonds successifs entre la surface du sol et l'ionosphère. A partir de la station d'émission, on observe une onde de sol qui est plus

rapidement atténuée que l'onde qui se propage par bonds. La couverture qui en résulte est moins homogène que pour la VLF, l'atténuation globale est légèrement plus importante mais elle procure tout de même des portées importantes.

Le bruit que l'on rencontre dans ces deux gammes est dû essentiellement aux éclairs associés aux orages. Chaque éclair produit un signal radioélectrique qui se propage. A ces fréquences la propagation se fait avec une atténuation faible, c'est pourquoi l'influence des éclairs va se faire sentir sur des zones très importantes. Cependant, le bruit ne sera pas uniformément réparti sur la surface du globe et sera plus important près des zones à forte activité kéraunique. Par ailleurs, en se propageant le signal se déforme car le milieu est dispersif. Au total, en un point "standard", on observe la superposition d'un bruit blanc issu de nombreux éclairs lointains et des pics de bruits courts issus des décharges proches. Dans ces conditions, ce bruit est variable à la fois de manière spatiale mais aussi de manière temporelle et spectrale (plus fort en VLF qu'en LF).

La très faible fréquence porteuse dans ces gammes n'autorise pas des fréquences de modulation élevées et interdit donc des grands débits.

Les très grandes longueurs d'onde posent également des difficultés pour réaliser des antennes d'émission de bon rendement ($\lambda/4$) et ne donnent à ces dispositifs qu'une bande passante utilisable assez faible et cela, malgré des pylônes de plusieurs centaines de mètres de haut (*Photo 1*). Ceci a également pour conséquence de réduire le débit utilisable.

Le sous-marin navigue et reçoit, dans la paroi du guide d'onde, les modes évanescents qui sont caractérisés par une "propagation" verticale exponentiellement atténuée. Plus ses antennes seront éloignées de la surface, plus grande sera l'atténuation. Tant que le bruit propre de l'antenne ne sera pas atteint, le rapport signal à bruit sera le même en immer-

sion qu'en surface puisque le signal et le bruit subissent la même atténuation. En VLF, l'atténuation par mètre d'eau est plus faible qu'en LF ; c'est pourquoi, les immersions de réception sont plus importantes en VLF qu'en LF. Dans l'eau, l'impédance caractéristique est très différente de celle du vide ou de l'air, ce qui entraîne une variation forte du rapport entre les composantes magnétiques et électriques du champ qui s'atténuent bien sûr avec le même coefficient. Cela pourra entraîner des choix pour les antennes de réception qui ne seraient pas valides dans l'air. Malgré tout, les dispositifs développés pour la réception permettent au sous-marin de recevoir en toute circonstance tout en conservant sa discrétion.

La spécificité de ces gammes de fréquence induit des difficultés particulières. Aucun support ne peut être trouvé auprès de l'industrie civile "classique" des télécommunications. La compétence doit donc être maintenue pour cette seule application qui, comme pour la plupart des composants de la dissuasion, ne peut être totalement approvisionnée à l'étranger. A titre d'exemple, la propagation dans cette gamme n'est étudiée que pour cette application et les problèmes de compatibilité électromagnétique qui sont très spécifiques doivent mettre en œuvre des techniques qui ne sont utilisées nulle part ailleurs. Enfin, pour marquer les esprits, que dire de la comparaison entre un émetteur d'une puissance d'1 mégawatt utilisant une antenne supportée par des pylônes de trois cents mètres de haut et un émetteur de téléphone portable qui tient dans la poche !

Enfin, les communications ainsi élaborées sont également utilisées par les forces sous-marines classiques et, à ce titre, elles doivent pouvoir être interoperables avec les communications correspondantes de nos alliés.

Les Américains utilisent également la gamme de fréquence ELF (<3 kHz), cette gamme offrant une couverture plus étendue (sous-marin à plus grande immersion ou sous la

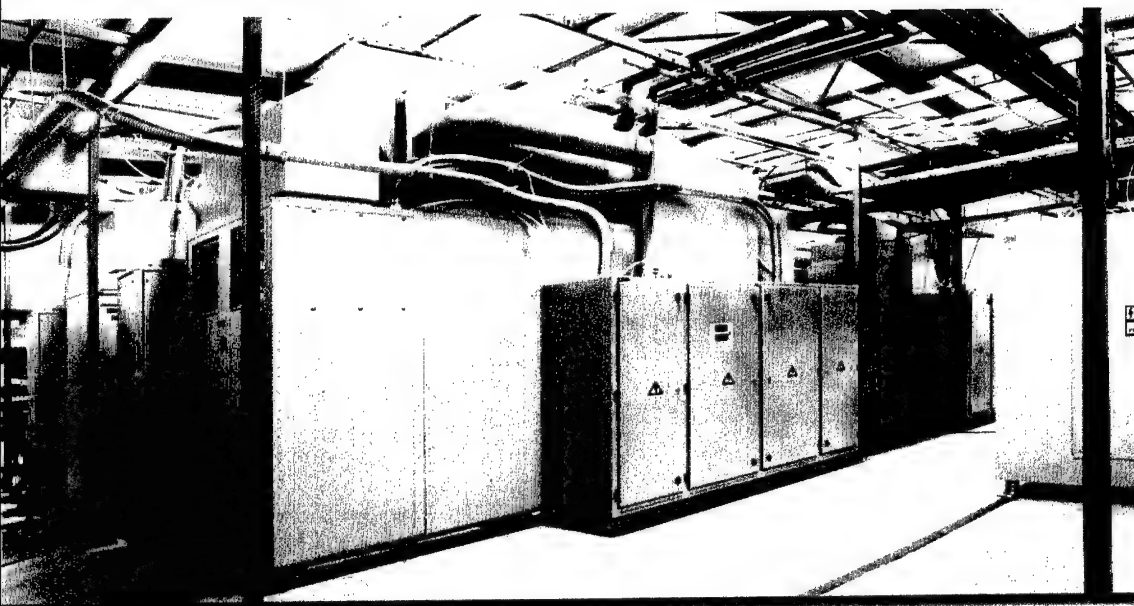
banquise) ; elle est insensible à l'ionisation générée par une explosion nucléaire. En revanche, elle nécessite l'utilisation d'antennes d'émissions extrêmement longues (plusieurs dizaines de km). Le débit d'information est tellement faible qu'une émission en ELF est utilisée comme sonnette d'alerte ; le sous-marin se met alors en configuration permettant la réception de la VLF.

L'historique et les systèmes actuels

Dès le début de la "force de frappe", les autorités françaises ont lancé la réalisation d'un système de communication vers les forces nucléaires et particulièrement vers les sous-marins. Pour partie les émetteurs reprenaient les matériels déjà anciens qui étaient alors la propriété des PTT (Saint André de Corcy, Sainte Assise). Un émetteur à Kerlouan près de Brest, qui était utilisé pour les sous-marins et les bâtiments de surface, a été dédié aux seuls sous-marins. Un émetteur a été développé pour la station de Rosnay en s'inspirant de systèmes déjà en service outre-Atlantique. Un dernier émetteur a été mis en service dans la région de Carcassonne à la Régine. Plus récemment, ces stations ont fait l'objet d'une rénovation pour intégrer les nouvelles technologies et notamment celles des émetteurs à état solides (cf. photo ②).

Aujourd'hui, la France à l'instar des autres puissances nucléaires dispose d'un système permanent et complet, comprenant un réseau d'infrastructure et des stations d'émissions en basse fréquence et longue portée, à destination des forces nucléaires. De plus, un système de grand secours qui ne serait mis en service qu'en cas de destruction du système nominal, permet la frappe en second.

Il est clair que pour joindre les forces et en cas de besoin absolu, comme par exemple pour diffuser un ordre d'engagement, tous les moyens disponibles, civils et militaires seraient activés. Il est non moins vrai que la



Émetteur à état solide en plate-forme de validation industrielle (DR).

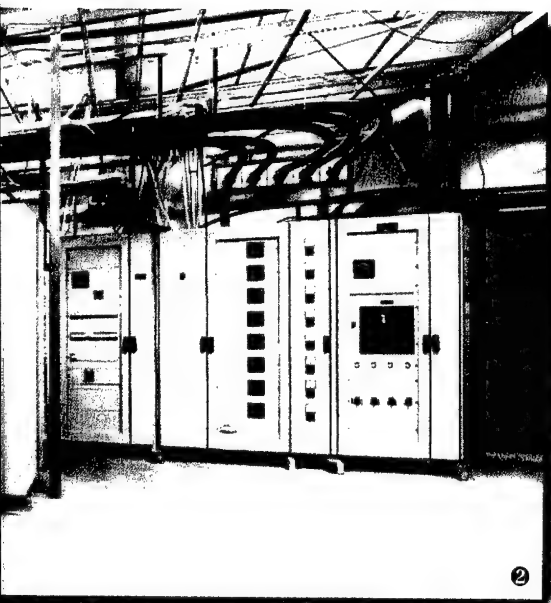
spécificité des services demandés entraîne pour le temps normal, la disposition de moyens spécifiques. De ce constat se déduisent toutes les caractéristiques indispensables des transmissions nucléaires.

Un premier maillon est constitué par les systèmes qui permettent à la HAN de se raccorder aux systèmes d'infrastructure qui constituent le second maillon. Celui-ci diffuse l'ordre sur le sol métropolitain. Un dernier maillon, couvrant les transmissions à longue distance, transmet l'ordre aux forces elles-mêmes. A ce jour, deux types de porteurs d'armes sont destinataires de ces transmissions. Il s'agit, d'une part, des avions porteurs de l'arme aéroportée (avions localisés sur les bases aériennes ou sur le porte-avions) et, d'autre part, des sous-marins lanceurs d'engins (SNLE).

Les réseaux d'infrastructure ne présentent pas de caractéristiques techniques qui les différencient beaucoup des réseaux fixes classiques dédiés à toutes sortes d'applications, militaires ou non. Cependant, quelques points particuliers doivent être signalés. Le point

d'injection de l'ordre d'engagement est variable et doit toujours avoir une priorité absolue. Les réseaux doivent être durcis vis-à-vis d'un certain nombre d'agressions. En premier lieu, il est fondamental que ces réseaux soient durcis contre les effets d'une impulsion électromagnétique. Il est également essentiel qu'il existe une traçabilité des circuits afin de mieux cerner les dégradations qui pourraient intervenir comme suite aux avaries de combat. Enfin, il est à noter que les débits qui sont acheminés sur ces artères sont très inférieurs à ceux que l'on rencontre sur les réseaux commerciaux. Si, sur le principe, ces réseaux stratégiques sont à rapprocher des réseaux commerciaux classiques, certaines de leurs caractéristiques en font des systèmes dédiés particuliers ; c'est pourquoi la question relative à l'externalisation n'apparaît pas simple.

Il est également à noter que le maintien en condition opérationnelle (MCO) de ce type de liaisons est essentiel pour garantir leur disponibilité pendant toute leur durée de vie. C'est en particulier le cas des composants intervenants pour la protec-



tion IEM pour lesquels il est essentiel de respecter toutes les opérations de maintenance et de ne pas négliger les financements associés. Ce MCO est également complexe puisque certains éléments, bien que très peu utilisés, nécessitent une fiabi-

Dilité maximale. Depuis la mise en place des communications dédiées à la dissuasion française, à aucun moment, même dans des conditions aussi exceptionnelles que celles rencontrées durant les tempêtes de la fin de l'année 1999, les communications entre les autorités et les forces n'ont subi d'interruptions. Pour l'avenir il n'est pas prévu, à ce jour, de grandes révolutions dans le domaine. Cependant, la veille technologique est assurée pour détecter dans les meilleurs délais les grandes évolutions qui viendraient bouleverser la spécialité. Elle a également pour objectif de faciliter la prise en compte des avancées techniques qui contribuent à rendre les communications stratégiques plus performantes et moins chères.

La préparation de l'avenir s'appuiera, entre autres, sur l'examen des points suivants : l'évaluation de la menace pour dimensionner à sa juste valeur la protection des liaisons ; l'amélioration de la compréhension des phénomènes de propagation en cas d'explosion nucléaire ; l'amélioration de la connaissance du bruit ; l'amélioration de la bande passante des émetteurs ; l'amélior-

La réalisation d'un missile aéroporté nucléaire

par Serge CATOIRE, Directeur général
et Marc DI FOLCO, Directeur du groupe de programmes antinavires et nucléaires, Aerospatiale Matra Missiles

The specific requirement made of nuclear delivery systems (supersonic speed, high reliability, high degree of hardening, nuclear safety, dedicated support and operational facilities, etc) make it very difficult and costly to derive a nuclear system from a conventional system.

These limitations have such an impact on weapon system design that they need to be taken into account from the design stage through the use of a wide range of technologies, disciplines and dedicated resources. The ASMP now meets all these requirements.

La réalisation des programmes aérobies nucléaires représente pour Aerospatiale Matra Missiles un enjeu majeur compte tenu du rôle de ces programmes dans la Défense nationale. Pour répondre à cet enjeu, Aerospatiale Matra Missiles s'attache à mobiliser efficacement l'ensemble de ses compétences internes, ainsi que celle de ses équipementiers et son réseau de sous-traitants. Dans cet objectif, Aerospatiale Matra Missiles s'est organisé pour tirer le meilleur parti des fertilisations croisées possibles entre programmes nucléaires et programmes conventionnels, tout en donnant aux spécificités nucléaires toute la place qui leur est utile.

Les vecteurs aérobies nucléaires au sein de la gamme : une fertilisation croisée

La conception et la réalisation de vecteurs nucléaires doivent se conformer aux impé-

ratifs les plus élevés de performance, de rigueur et de fiabilité. Les méthodes développées pour répondre à ces impératifs dans le cadre des travaux sur les vecteurs nucléaires sont ensuite appliquées de manière plus générale sur l'ensemble de nos produits. C'est notamment le cas des méthodes de conduite de programme ou des méthodes de maîtrise de la qualité.

En retour, les programmes nucléaires tirent bénéfice du savoir-faire acquis et renouvelé en permanence par Aerospatiale Matra Missiles dans le développement et la conception d'autres missiles. Cette contribution de l'environnement "conventionnel" au succès des programmes nucléaires porte, bien sûr, sur la maîtrise des coûts, et sur la maîtrise des cycles, elle porte aussi, malgré les spécificités des vecteurs nucléaires, sur la maîtrise technique.

Maîtrise des coûts

Aerospatiale Matra Missiles exerce l'essentiel de son activité sur trois segments de marché particulièrement concurrentiels : les missiles sol/sol (*Eryx*, *Hot*, *Milan*, projet *Trigan*), les missiles mer/mer (*Exocet*), et les missiles sol/air (*Aster 15* et *30*). Pour répondre aux impératifs de prix de nos clients, et pour rétablir notre rentabilité dans un

contexte de baisse des volumes, nous avons mis en place des programmes de réduction et de maîtrise de coûts intenses. Ces actions de maîtrise des coûts se traduisent :

- En interne, par un plan de progrès permanent. Ce plan mobilise toutes les fonctions de l'entreprise, qu'il s'agisse de fonctions "opérationnelles", telles que la production, la conception et l'assemblage, ou d'activités plus "fonctionnelles" telles que la gestion. Il se décline en plusieurs centaines d'actions. Il mobilise le plus grand nombre d'initiatives individuelles et s'appuie sur une utilisation performante des systèmes d'information. Le déploiement du progiciel d'entreprise SAP a ainsi été accompagné de multiples actions de *reengineering* des processus; il a ainsi permis d'accroître la rigueur et l'efficacité dans la gestion industrielle et d'en réduire le coût. Pour la CFAO et la gestion des données techniques, nous avons rationalisé nos outils informatiques autour de cinq progiciels (contre près de quarante en 1998).
- Avec nos fournisseurs et coopérateurs, par un effort permanent d'analyse des facteurs de coûts et de réduction des coûts associés. Les résultats de cet effort se concrétisent sous la forme d'une simplification des flux logistiques, d'une meilleure analyse des spécifications, de la recherche de solutions "sur étagère". Avec les plus performants des équipementiers, ceci se traduit par des réductions de coût pouvant atteindre ou dépasser 10 % par an. L'ensemble de ces actions nous a permis de gagner considérablement en productivité au cours des trois dernières années. En complément de nos efforts permanents d'ajustement de nos effectifs et de rationalisation de nos sites, elles ont ainsi apporté une contribution essentielle au rétablissement de nos comptes. Le programme ASMPA tirera bénéfice de tous les efforts ainsi réalisés, bien au-delà de ce que peut représenter, dans certains cas, l'adoption de compo-

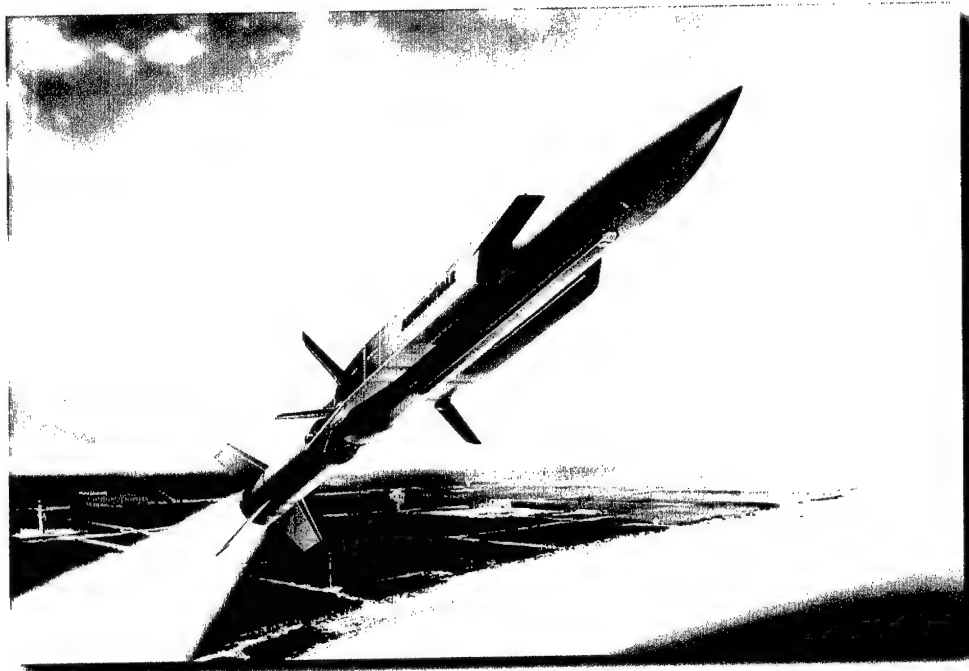
sants ou d'équipements similaires à ceux d'autres missiles.

Maîtrise des cycles

Nous avons engagé depuis trois ans des actions soutenues de maîtrise et de réduction des cycles, sur trois axes :

- Un *reengineering* régulier des processus. Avec l'aide de nos collègues de Toulouse, nous avons implanté dans notre filiale la méthode Airbus de *reengineering* des processus. Celle-ci consiste à faire analyser un processus par les agents qui le pratiquent, et à leur demander de définir les simplifications utiles. Ce travail, réalisé par dix à vingt personnes réunies une semaine complète dans la même salle, permet le plus souvent de réduire les cycles de 30 à 50 %, et de diviser par plus de trois le nombre de documents papiers ou informatiques utilisés (formulaires, saisies, etc.).
- Une utilisation rationnelle des moyens informatiques : au-delà de la mise en place d'un progiciel d'entreprise, l'effort consiste à fiabiliser en permanence la qualité de nos bases de données industrielles (gestion de production, gestion de la configuration, etc.) et à s'assurer que les moyens les plus efficaces (messagerie, voire quand c'est souhaitable Internet) sont utilisés pour échanger en temps réel les informations pertinentes.
- Un ajustement permanent du formalisme dans les développements : il s'agit ici d'avoir suffisamment de précisions, dans les spécifications internes, pour que chaque volet du développement ne soit fait qu'une fois, tout en évitant de développer un formalisme interne (spécifications internes sous forme de "quasi-contrats") excessif.

Ces efforts, lancés d'abord pour nous permettre de répondre aux évolutions du marché des missiles tactiques, nous permettront également de mieux atteindre les objectifs de cycle ambitieux du vecteur nucléaire.



ASMP Vesta (© AMM-Bechennee).

Maîtrise technique

La variété de difficultés techniques que nous avons à surmonter pour le bon aboutissement de nos programmes contribue au savoir-faire de notre bureau d'études. A cet égard, le programme Aster, compte tenu de son niveau d'ambition technique, a contribué à développer au sein d'AMM des compétences techniques maintenant mobilisables sur le programme nucléaire. Ces compétences sont d'abord celles des ingénieurs, elles s'appuient aussi sur les outils mis en place (simulation numérique notamment), et sur l'organisation collective.

Les vecteurs aérobies nucléaires au sein de la gamme : leurs spécificités

Technologies et disciplines

Ces missiles sont le domaine de prédilection des statoréacteurs pour satisfaire aux exigences de portée, vitesse et manœuvrabilité.

Le statoréacteur présente, dans sa version moderne avec accélérateur intégré, un certain nombre d'avantages déterminants sur tous les autres concepts propulsifs en offrant dans la gamme des vitesses hautement supersoniques :

- le meilleur rapport distance franchissable sur volume du moteur ;
- la possibilité de conduire des missions à profils de vol variés permettant d'améliorer les performances de pénétration du missile nucléaire face à des défenses aériennes renforcées actuelles et futures.

L'expérience acquise depuis la mise en service opérationnelle de l'ASMP permet de disposer aujourd'hui d'une méthodologie de développement validée avec des coûts de développement et fabrication réduits du fait de la large utilisation de moyens de conception et de production performants.

Les technologies propres aux missiles à statoréacteur concernent principalement :

ASMPA - SEQUENCE DE VOL

PHASE ACCELERATION
ALLUMAGE ACCELERATEUR

SEQUENCE DE TRANSITION

PHASE CROISIERE

EJECTION FOND
ARRIERE

la propulsion ; l'aérodynamique externe ; la maîtrise des phénomènes thermiques ; le vol à haute vitesse et forte pression dynamique ; la furtivité de missiles à température élevée.

La propulsion

Trois phases de fonctionnement sont à distinguer :

- la phase d'accélération initiale, assurée par un accélérateur à propergol solide placé dans la chambre de combustion du statoréacteur. La mise au point d'un tel accélérateur intégré est spécifique à ce type de missile avec les problèmes particuliers liés à la géométrie du bloc pour être compatible de l'aménagement interne de la chambre et à la contrainte d'éjection de la tuyère en fin de phase accélérée ;
- la phase de transition qui a pour fonction de réaliser le passage d'une propulsion fusée, assurée par l'accélérateur intégré, à une propulsion aérobie assurée par le statoréacteur. La capacité à mettre au point et qualifier cette phase critique est un facteur-clé de succès pour ce type de missile ;
- la phase statoréacteur qui comporte un certain nombre de fonctions dont certaines sont

spécifiques à ce mode de propulsion (captation d'air, alimentation combustible, régulation du débit combustible, combustion et éjection des gaz, tenue thermique de la chambre statoréacteur...).

L'aérodynamique externe

La configuration d'un missile à statoréacteur se distingue nettement de celle du missile tactique à poudre. La présence de deux entrées d'air impose une architecture très particulière. Les entrées d'air, d'une part, sont des éléments participant à la portance aérodynamique, d'autre part, doivent être convenablement alimentées en air en contrôlant l'incidence, le dérapage et le Mach du vol. Notamment les entrées d'air ne doivent subir aucun masquage, interaction défavorable, captation des tourbillons d'ogive ou de la couche limite.

Les études de l'aérodynamique externe s'appuient sur des calculs numériques et des essais en soufflerie. La spécificité principale des calculs concernant ce type de missile est la complexité des géométries traitées et la nécessité d'une prédiction fine

du champ d'écoulement au droit de la prise d'air. La difficulté également de restitution précise de la traînée interne et externe impose souvent de procéder à des essais "jet libre" au CEPr.

La maîtrise des phénomènes thermiques

La thermique est l'une des disciplines majeures liées aux missiles à statoréacteur. Les problèmes liés aux échauffements aérodynamiques d'un missile atmosphérique volant à grande vitesse concernent la conception générale, la configuration d'ensemble, les structures, les équipements, les capteurs de tous ordres. Il est à noter que les agressions thermiques proviennent non seulement du flux aérothermique externe mais aussi des échauffements internes provoqués par la combustion compte tenu de l'intégration intime du moteur et du vecteur.

Les compétences nécessaires pour maîtriser ces phénomènes reposent sur trois paramètres principaux : l'expertise des équipes ; l'utilisation de codes de calcul performants ; le retour d'expérience à partir des réalisations et des essais.

Les solutions technologiques et les procédés de réalisation à maîtriser concernent les structures, l'alimentation carburant, les équipements "avioniques de bord", les matériaux chauds employés pour la furtivité et l'isolement.

Vol à haute vitesse et forte pression dynamique

Les missiles à statoréacteur présentent plusieurs particularités qui ont nécessité des développements spécifiques dans plusieurs disciplines.

- **Pilotage** : pour que l'entrée d'air soit convenablement alimentée, le missile pendant le vol doit rester dans un domaine d'incidence et de dérapage strictement limité. Les chaînes de pilotage sont conçues pour présenter la rapidité, la robustesse et les surveillances adéquates garantissant ce fonctionnement.

- **Vol à haute pression dynamique** : ces missiles peuvent voler pendant des durées importantes à grande vitesse et à très basse altitude, ce qui suppose un examen particulier des structures, des voilures et des gouvernes afin d'assurer leur rigidité pour écarter tout risque de flottement aéroélastique en présence de fort échauffement cinétique. Par ailleurs, les actionneurs de gouvernes doivent présenter des performances très élevées pour assurer les qualités requises (en temps de réponse, couple et puissance).

- **Environnement vibratoire** : les conditions de vol entraînent un niveau vibratoire général sévère sur l'ensemble des organes, le moteur générant par lui-même des vibrations à des fréquences caractéristiques qui doivent être prises en compte et leurs conséquences analysées.

Les connaissances acquises en matière d'aérodynamique supersonique, de physique de la combustion dans les chambres statoréacteurs et de matériaux thermostrostructuraux permettent de placer la France au rang de leader du monde occidental pour la propulsion de missiles à statoréacteur.

Furtivité

La prise en compte du besoin de furtivité dans le développement d'un missile supersonique propulsé par statoréacteur nécessite la maîtrise des spécificités SER et SIR liées à la géométrie complexe de ces missiles et à la température de peau (optimisation des formes externes, des entrées d'air et des conduits d'air ; pose de matériaux de revêtement absorbant et à faible émissivité...)

Compétences

Pour mettre en œuvre ces différentes disciplines, Aerospatiale Matra Missiles a été amené à constituer des équipes qui détiennent chacune leurs compétences particulières. Elles concernent :

- le management et la conduite de programme ;
- la conception générale du missile et la conception détaillée des sous-ensembles de structure et de pilotage ;
- les environnements thermiques et vibratoires ;
- le durcissement et les environnements électromagnétiques ;
- la pénétration et les simulations technico-opérationnelles ;
- la sûreté nucléaire et la sécurité de fonctionnement ;
- les intégrations avions ;
- la préparation de mission ;
- les moyens d'essais (sol, en vol) ;
- les moyens de production.

La nature des activités industrielles des programmes nucléaires sont d'origines très différentes en fonction de l'état d'avancement des contrats. Ainsi, le maintien en condition opérationnelle (MCO) de l'ASMP est une activité de type production (réparation, maintien des outillages, soutien aux Armées, renouvellement à mi-vie des éléments en péremption des vecteurs) à laquelle il faut ajouter l'exploitation des faits techniques permettant le retour d'expérience et la garantie des performances opérationnelles du système.

Les particularités du MCO ASMP par rapport à d'autres systèmes d'armes tactiques portent essentiellement sur : la tenue des exigences sûreté nucléaire ; la grande disponibilité des vecteurs et des moyens de mise en œuvre ainsi que la forte réactivité dans la résolution des problèmes techniques ; une production série limitée ; un système d'information logistique dédié ; pas de marché export ; des exigences qualité importantes ;

une forte implication dans la préparation des tirs et des vols d'instruction des forces.

Par contre, les études amont et de développement font appel à un large éventail de compétences études décrites précédemment et à une moindre activité production.

Certaines activités peuvent être considérées comme étant spécifiquement nucléaires ou à caractère stratégique (études d'interfaces tête nucléaire, sûreté nucléaire, études de pénétration...), et des procédures particulières sont mises en place pour garantir la protection des informations sensibles.

Les spécificités techniques demandées aux armes nucléaires (vitesse supersonique, grande fiabilité, haut niveau de durcissement, sûreté nucléaire, moyens de soutien et de mise en œuvre spécifiques...) font qu'il serait très difficile et très coûteux d'avoir à dériver un système nucléaire d'un système conventionnel. Ces exigences ont de telles incidences sur la définition du système qu'elles nécessitent d'être prises en compte dès la conception du système d'armes en mettant en œuvre tout un ensemble de technologies, de disciplines et de moyens spécifiques. L'ASMP satisfait aujourd'hui ces exigences.

Aerospatiale Matra missiles a acquis la maîtrise de la conception et de la conduite du développement de systèmes d'armes aérobies nucléaires permettant de poursuivre l'avancée technologique dans ce domaine grâce à l'opération Vesta et au programme ASMPA. Ces programmes témoignent du savoir-faire français dans le domaine des missiles à statoréacteur.



Lancement d'un missile balistique à partir d'un sous-marin

par Philippe POIRIER
Directeur de programme M51 - EADS Launch Vehicles

EADS⁺

The knowledge acquired by the French engineers over more than three decades of studies and experimentation gives them today a good command of the main phenomena which occur during the launch of a sea launched ballistic missile (in French: MSBS as Mer Sol Balistique Stratégique). This particular phase of the life of the missile lasts only 2 seconds, but raises major constraints of design for most components of the missile. After a brief history of the MSBS programs in the world, we will study the different physics problems involved in the launch for the missile and the submarine, and we will try to show why their mastering remains a complex task, which limits the number of countries possessing this prime weapon system of a deterrent force.

Les connaissances obtenues par plus de trois décennies d'études et d'essais ont permis aux équipes françaises d'aujourd'hui d'acquérir la maîtrise de l'essentiel des phénomènes liés au lancement des missiles MSBS et de cette phase particulière de la vie du missile, qui ne dure que 2 secondes, mais induit à elle seule des contraintes de conception dimensionnantes pour la plupart des constituants du missile.

Après un rapide aperçu de l'histoire des programmes MSBS, on approchera les principaux phénomènes physiques liés au lancement, pour le missile mais également pour le sous-marin, et on essaiera de montrer pourquoi leur maîtrise reste un exercice complexe qui contribue à limiter le nombre de pays possesseurs de cet instrument essentiel de la dissuasion nucléaire.

Historique

Le concept de tir d'un missile balistique depuis une plate-forme sous-marine est apparu très vite après l'invention du missile balistique lui-même. Divers documents réalisés dans le cadre des études sur les V2, et retrouvés à la fin de la Seconde Guerre mondiale à Peenemünde, se réfèrent en effet à un projet d'installation de tubes de lancement sur le pont d'un *U-boot* avec mise à feu des fusées en semi-immersion. Il semble même que des essais aient été réalisés sur ce concept dès 1942.

Dans les années 50, Soviétiques et Américains progressent rapidement dans la mise au point de missiles balistiques tirés du sol. En 1957, l'URSS réalise le premier tir complet d'un missile intercontinental, puis la satellisation de *Sputnik*. Les Etats-Unis accélèrent alors leur programme de missile balistique lancé depuis un sous-marin en plongée, domaine dans lequel ils possèdent une certaine avance. Après six essais en vol effectués depuis le sol, le premier tir d'un missile *Polaris A1* depuis un sous-marin en plongée est réussi par l'*USS George Washington* le 20 juillet 1960.

Ce n'est que vers la fin des années 70 que les Soviétiques pourront à leur tour déployer une véritable force océanique stratégique,

avec la mise en service des sous-marins à propulsion nucléaire de la classe *Yankee* embarquant 16 missiles SSN-8.

En France, encouragées par l'exemple américain quant à la faisabilité du concept, les premières études de faisabilité menées dès 1960 conduisent au début de 1962 à la décision par le Conseil de Défense, sous la présidence du général de Gaulle, de lancer le programme des SNLE armés de missiles MSBS. Ce pari audacieux, compte tenu de l'ampleur de ce qui reste totalement à inventer, mobilise dans le cadre de l'organisation Cœlacanthe toutes les énergies de la DMA, de l'industrie et en particulier de la SEREB (Société pour l'étude et la réalisation d'engins balistiques, ancêtre de EADS Launch Vehicles), des états-majors et du CEA. Le 29 mai 1971 a lieu le premier tir d'un missile MSBS M1 depuis un sous-marin nucléaire français en plongée, le SNLE *Le Redoutable*.

Trente ans après, 4 pays seulement ont réalisé le développement d'un tel système d'arme : les Etats-Unis et l'URSS, bien sûr, la France et enfin la Chine, qui semble y avoir rencontré d'extrêmes difficultés. Le Royaume-Uni a, quant à lui, équipé ses SNLE de missiles américains *Polaris* puis *Trident II D5* et du système de mise en œuvre et de lancement associé dans le cadre des relations privilégiées qu'il entretient avec les Etats-Unis.

Originalité du concept de missile MSBS

Le système d'arme de dissuasion océanique stratégique est à la convergence de plusieurs sauts technologiques majeurs de l'histoire des armements modernes :

- tout d'abord, l'arrivée de l'arme nucléaire et les progrès rapides réalisés dans sa conception et sa miniaturisation, qui ont permis son emport par une fusée de dimensions suffisamment réduites pour pouvoir être intégrée dans l'espace limité offert par une coque de sous-marin ;

- ensuite, l'apparition des fusées et de leur dérivé immédiat, le missile balistique, permettant de transporter une charge militaire à des milliers de kilomètres en quelques dizaines de minutes, avec des risques d'interception par l'adversaire qui restent aujourd'hui encore extrêmement faibles, et avec une très bonne précision permise par les progrès de la navigation par inertie ;
- enfin, par l'avènement du nucléaire comme source d'énergie idéale pour la propulsion du sous-marin, qui trouve ainsi une invulnérabilité quasi totale en pouvant rester en immersion complète pendant une durée théoriquement illimitée, et en pratique de plusieurs mois.

Pour conserver cette invulnérabilité jusqu'à l'instant ultime de lancement des missiles MSBS, il fallait que le sous-marin puisse réaliser ce lancement sans devoir refaire surface au préalable, et donc en plongée. C'est ce difficile challenge qu'une poignée de nations a réussi, à ce jour, à surmonter. Nous allons essayer d'en montrer la difficulté et d'illustrer la complexité de cette phase très courte que constitue la sortie d'eau d'un missile balistique.

Principes techniques

Le lancement en plongée d'un engin de plus de 10 m de haut et d'une masse de plusieurs dizaines de tonnes n'est pas, on s'en doute, sans poser d'épineux problèmes. La figure 1 page suivante montre l'emménagement d'un missile M4 dans un tube lance-missile de SNLE. Ce tube devant *in fine* pouvoir assurer l'intégrité de la coque résistante (ou coque épaisse) du SNLE après le lancement du missile, il est construit en acier à haute limite élastique soudable (HLES) du même type que celui utilisé pour le reste de cette coque.

A l'intérieur de cet espace, le missile est maintenu latéralement par un tube interne (en alliage léger usiné dans le cas du M4), et repose sur une couronne support. L'ensem-

ble doit assurer d'abord le stockage du missile dans des conditions d'environnement adaptées : protection du missile contre les chocs et les vibrations, conditionnement climatique ... pendant une durée de vie très longue puisque chaque missile sera stocké plusieurs années sur un SNLE avant d'être débarqué au "grand carénage" de celui-ci pour être généralement transféré immédiatement sur un autre SNLE. Le tube interne assure ensuite le guidage du missile au cours de la phase d'éjection.

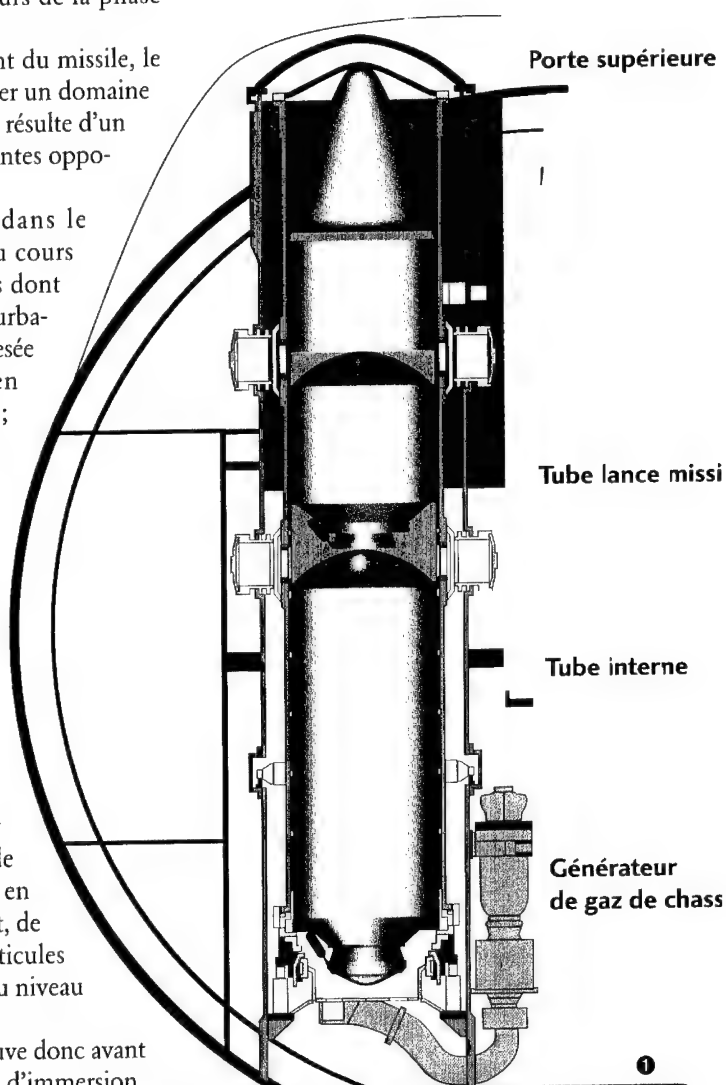
Pour procéder au lancement du missile, le SNLE va devoir d'abord rallier un domaine d'immersion et de vitesse qui résulte d'un compromis entre des contraintes opposées :

- le maintien du SNLE dans le domaine d'immersion au cours d'une salve de 16 missiles dont chaque tir induit des perturbations considérables de la pesée et donc de la stabilité en immersion du sous-marin ;
- une tranche d'immersion raisonnablement franchissable par le missile après son éjection du tube lance-missile ;
- des efforts tranchants sur les structures missile en sortie de tube acceptables, ces efforts résultant, d'une part, de la vitesse d'avance minimum nécessaire au SNLE pour conserver l'efficacité de ses barres de plongée pour la stabilité en immersion et, d'autre part, de la vitesse orbitale des particules d'eau créée par la houle au niveau du pont du sous-marin.

Le tube lance-missile se trouve donc avant lancement dans un domaine d'immersion maîtrisé, sous un état de mer donné.

Le lancement du missile nécessite alors :

- l'ouverture de la porte supérieure du tube lance-missile, après pressurisation du tube et donc du missile pour compenser la pression hydrostatique régnant au niveau du pont du sous-marin ;
- l'éjection du missile du sous-marin sous l'effet de gaz de chasse produits par un dispositif interne au sous-marin ;



① EMMÉNAGEMENT D'UN MSBS M4 SUR UN SNLE

- la traversée de la tranche d'eau au-dessus du pont du sous-marin, l'allumage du propulseur du 1^{er} étage, le rattrapage d'attitude du missile dès la sortie d'eau pour exécuter la mission définie par son système de guidage pilotage.

Cette phase très violente ne dure que 2 secondes, mais qui sont parmi les plus critiques et les plus risquées de l'ensemble du vol, et dont la maîtrise constitue une des difficultés majeures de la conception des missiles MSBS. Cette phase conditionne en effet largement la conception et le dimensionnement des étages propulsifs, de la coiffe, et de la partie haute, ainsi que celui du propulseur du 1^{er} étage et de son ensemble arrière. Cela a en particulier conduit EADS Launch Vehicles à développer une discipline très originale pour les missiles : l'hydrodynamique !

Impact sur la conception du sous-marin

Les fonctions essentielles remplies par le sous-marin pour permettre le lancement sont donc :

- La stabilisation en immersion du sous-marin à faible vitesse, et en présence de perturbations très importantes :
 - effets de la houle sous l'état de mer spécifié par la Fiche de caractéristiques militaires, qui peuvent être encore très significatifs aux immersions de lancement retenues ;
 - perturbations de pesée et efforts générés par les lancements successifs de missiles au cours d'une salve.

Des installations de compensation de pesée et de pilotage automatique du navire lui permettent de rester dans une plage d'immersion compatible avec les capacités de lancement du missile.

- La pressurisation et l'ajustement de pression du tube lance-missile et du missile en fonction de l'immersion réelle du sous-

marin juste avant l'ouverture de la porte supérieure du tube. Une limite pratique de l'immersion maximum de lancement des missiles est l'encombrement des réservoirs sous-pression dédiés à cette opération à bord du SNLE.

- L'éjection des missiles par chasse de gaz sous-pression en fond de tube lance-missile. Les missiles *M1* et leurs successeurs *M2*, *M20*, étaient chassés à l'air comprimé stocké à bord du sous-marin dans de volumineux réservoirs sous-pression. Ce principe a dû être abandonné pour les missiles *M4*, de masse supérieure, au profit d'une chasse par générateurs de gaz à propergol beaucoup plus compacts.

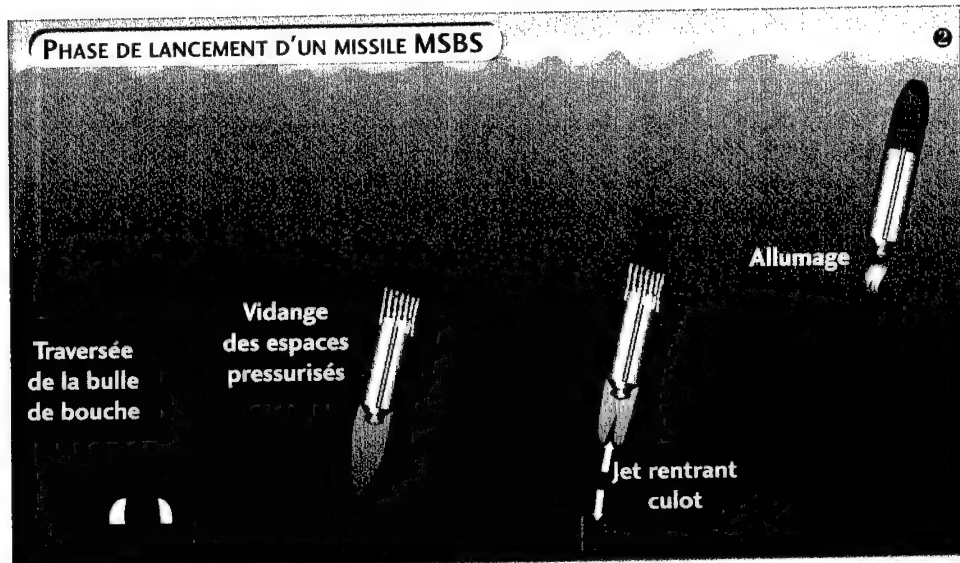
Analyse de la phase de lancement pour le missile

L'ensemble des opérations de lancement impose au missile des ambiances mécaniques extrêmement sévères, qui vont se traduire en termes de contraintes d'architecture et de dimensionnement des structures et de tous les équipements du missile.

La figure 2 page suivante présente la succession de ces phases. Le missile est d'abord pressurisé à une pression de quelques bars, proche de la pression hydrostatique régnant au niveau du pont du SNLE. La porte supérieure est alors ouverte, et le missile se trouve séparé de la mer par une membrane dont la résistance n'excède pas quelques centaines de millibars.

L'ensemble des espaces internes au missile sont donc pressurisés, en particulier la case qui abrite l'essentiel des équipements électroniques, ainsi que le canal central des propulseurs. Ces espaces ne peuvent en effet être rendus étanches et résistants, en particulier du fait de l'alourdissement énorme des structures qui en résulteraient.

Le missile est alors chassé du tube par la détente de gaz chauds produits par le généra-

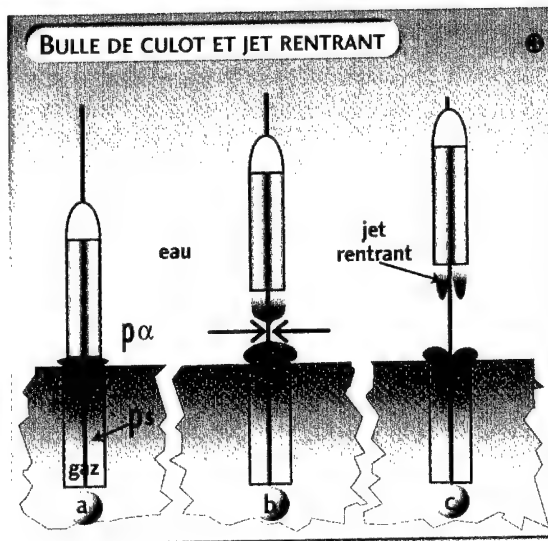


teur à propergol, qui génère au culot du missile une surpression complémentaire de plusieurs bars. Cette agression concerne l'ensemble de la zone arrière du missile, y compris le canal central du propulseur du 1^{er} étage.

Le missile crève la membrane supérieure, et à partir de cet instant, les espaces pressurisés du missile commencent à se dépressuriser au travers d'une couronne d'orifices de vidange situés à la base de la coiffe. Le débit de dépressurisation est défini pour assurer une surpression interne en sortie d'eau aussi faible que possible, qui génère un cas de charge dimensionnant pour la structure de la coiffe.

Dès la sortie de tube, le missile entraîne à son culot une colonne de gaz (figure ②) qui peut éventuellement se gonfler si la pression de gaz P_s dans le tube au moment du débouchage est supérieure à la pression hydrostatique P_∞ , ou collapser si P_s est inférieur à P_∞ .

Dans un deuxième temps, cette colonne de gaz se scinde en deux. Il y a alors scission entre une bulle de gaz qui reste attachée au tube



(“bulle de bouche”) et une bulle attachée au missile (“bulle de culot”), et naissance d'un jet d'eau ascendant : le jet rentrant de culot (1).

Les caractéristiques de ce jet rentrant de culot varient de façon importante en fonction des différents paramètres du lancement

(1) Il se produit également un jet rentrant descendant qui provoque le remplissage brutal du tube de lancement.

(en particulier de la valeur P_s-P_∞) et il peut se développer et venir frapper violemment le culot du missile avec deux types de risques :

- rupture mécanique de la tuyère ou d'équipements sous l'impact ;
- accumulation d'un "bouchon d'eau" en sortie de tuyère, qui peut provoquer une rupture de l'ensemble arrière au moment de l'allumage du propulseur.

Dès que possible, le propulseur du 1^{er} étage est allumé, de façon à gagner en performance de portée et à contrer par le braquage de la tuyère les effets déstabilisants de la vitesse de route du sous-marin et de la houle sur la trajectoire hydrodynamique du missile.

L'allumage du propulseur a pour effet de conférer au missile une forte vitesse à l'émergence, favorable à l'apparition de poches de cavitation sur la coiffe à l'approche de l'émergence. Ce risque peut être évité par le dessin de forme de la coiffe, comme cela est le cas sur les missiles américains de type *Trident* ou sur le *M51* (2).

Expériences et modélisations

Le problème du lancement des missiles en immersion a constitué dès le début des programmes MSBS une difficulté centrale qui a donné lieu à un très grand nombre de travaux, d'abord basés sur des expérimentations puis par développement progressif de modèles théoriques, dont la validité ne pouvait d'ailleurs être obtenue que par recoupements avec les mesures obtenues expérimentalement.

(2) L'ex-URSS a utilisé un système différent pour la protection du missile de l'ensemble des agressions liées à la phase d'éjection. Le procédé consiste à loger un dispositif de chasse au culot du missile, ce dispositif étant éliminé après éjection. Ce procédé n'a pas été retenu pour les missiles occidentaux pour deux raisons essentielles : l'encombrement et donc les pertes de performances associées pour le missile ; et surtout la nécessité de "traiter" le dispositif de chasse pour l'éloigner du sous-marin après séparation du missile et éviter tout risque de collision avec le missile suivant au lancement de celui-ci.

Le développement du système *M4* a ainsi fait appel à des modèles semi-empiriques basés sur de très nombreuses expérimentations spécifiques : 400 essais en cuve hydrobalistique à échelle réduite 1/11^e, une centaine d'essais de lancement de maquettes à échelle 1 depuis un caisson Nemo représentatif d'un tube lance-missile, une cinquantaine d'essais à partir du sous-marin expérimental *Gymnote*.

Pour le développement du système *M51*, grâce à l'expérience acquise sur le *M4* et à la poursuite d'un effort important d'études soutenues par la DGA, EADS Launch Vehicles a développé une approche basée sur des simulations numériques, associées à des expériences plus analytiques et en nombre plus réduit, avec pour objectifs de :

- réduire les coûts de développement en réalisant un nombre d'essais beaucoup plus faible ;
- mieux maîtriser les marges de conception, et par là les risques de développement.

Ces travaux sont réalisés en collaboration avec des organismes de recherche ou des centres d'essais d'Etat, de l'Université, ou privés. (ONERA/IMFL, acb /CERG, SNECMA Istres...), et en relation étroite avec DCN, qui est en charge du système de lancement (tube interne et générateur de chasse, en particulier).

Les principaux moyens expérimentaux réalisés ou en cours de réalisation pour le *M51* sont une cuve hydrobalistique au 1/6,5^e, dépressurisable pour permettre la réalisation en similitude de Froude d'écoulements gazeux représentatifs, et un moyen d'essai à échelle 1, CETACE, qui sera mis en service en 2002 (cf. figure 4 page suivante). D'autres moyens plus classiques sont également utilisés pour des essais analytiques, tels que des tunnels hydrodynamiques ou un moyen spécifique d'étude jet rentrant qui a permis pour la première fois, en 1998, de visualiser le phénomène par cinématographie rapide couplée à une technique de fluorescence induite par laser.

Les modélisations des phénomènes diphasiques air/eau font en particulier appel à des codes Navier-Stokes de résolution des écoulements compressibles et incompressibles avec surfaces libres. Associées aux essais analytiques à échelle réduite, ces modélisations ont d'ores et déjà permis d'obtenir une prévision des écoulements de filets d'air de dépressurisation du missile au cours de la trajectoire sous-marine, de définir une forme de coiffe performante permettant de minimiser les risques de cavitation, et d'obtenir une première corrélation calculs-expériences des conditions d'apparition et du niveau du jet rentrant, suffisamment significative pour rendre possible avec un bon niveau de confiance la définition théorique d'une spécification d'interface entre missile et générateur de chasse (cf. figure 9).

Démonstrations de sécurité

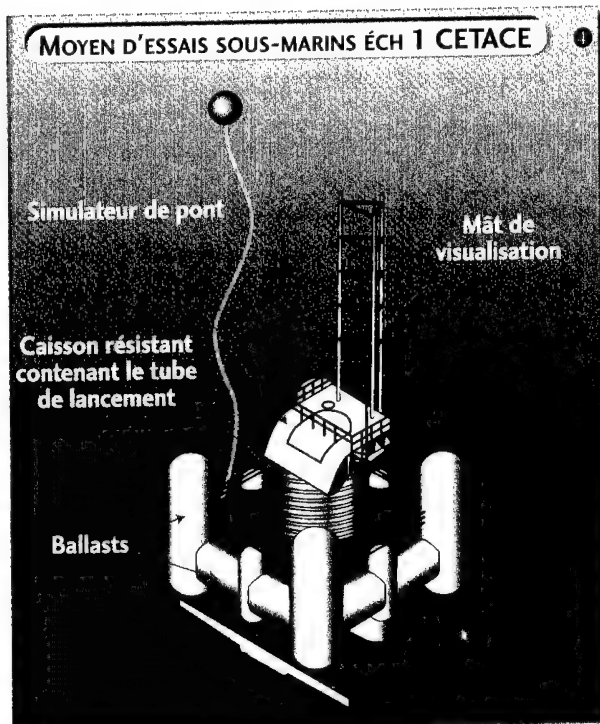
La démonstration de la sécurité du sous-marin lanceur tout au long de l'ensemble de la phase de lancement est évidemment au cœur des préoccupations des concepteurs. Les phénomènes redoutés sont de plusieurs natures :

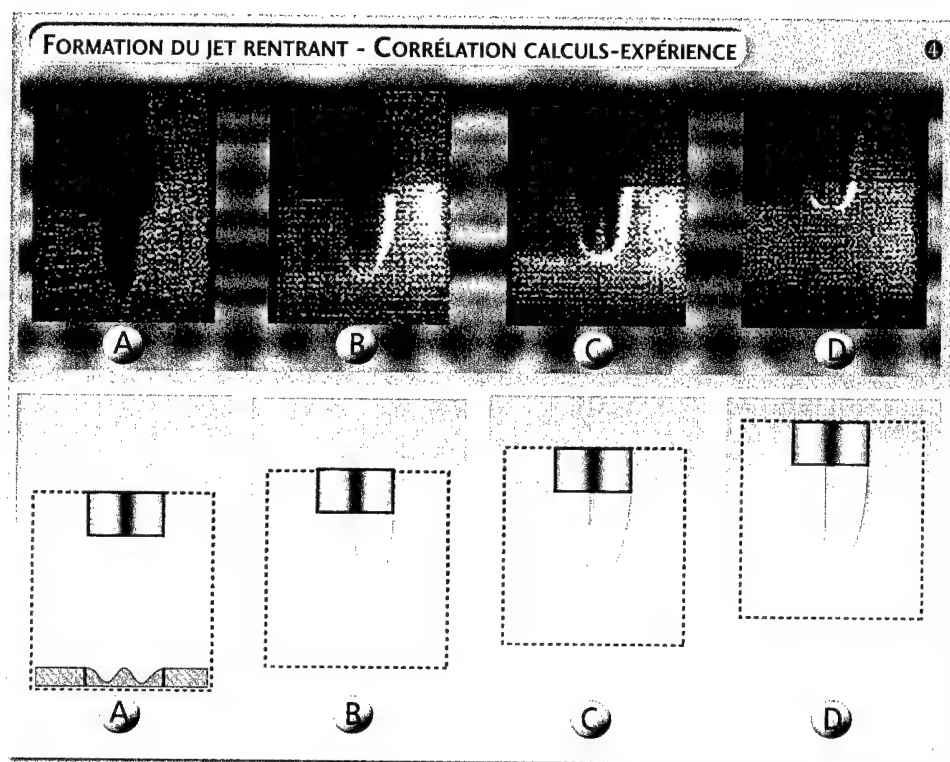
- allumage intempestif du propulseur du 1er étage au cours du parcours tube, en particulier sous l'effet de l'agression thermique générée par les gaz de chasse sur le propergol du propulseur ;
- non allumage du propulseur à l'issue de cette phase d'éjection conduisant à la retombée du missile non allumé sur le sous-marin ;
- explosion du propulseur à l'allumage ;
- défaillance du système de pilotage, en parti-

culier sous l'effet d'agressions mécaniques dues à la chasse et au jet rentrant, conduisant de nouveau à des risques de retombée du missile, allumé cette fois, à proximité du sous-marin.

Les démonstrations de sécurité relatives à ces différents scénarios sont basées sur la caractérisation des agressions subies par le missile et par le propulseur, de façon expérimentale et/ou par modélisation et sur l'évaluation de la robustesse des constituants du missile vis-à-vis de ces agressions. Elles influent de façon très importante sur la logique de développement du système et sur la justification de sa définition.

Les connaissances obtenues par trois décennies d'études et d'essais, souvent réalisés sous une forte contrainte de





délais, ont permis aux équipes françaises d'acquérir une certaine maîtrise de l'essentiel des phénomènes liés au lancement des missiles MSBS et de cette phase particulière de la vie du missile, qui ne dure que 2 secondes, mais qui induit à elle seule des contraintes de conception dimensionnantes pour la plupart des constituants du missile.

La technique en reste cependant difficile, et il convient de rester modeste. Le premier essai en vol d'un nouveau missile balistique, et plus que tout d'un MSBS lancé en immersion ne sera jamais totalement sans risque, l'histoire des programmes américains est là pour le rappeler. Ce n'est qu'en acceptant les limites de notre savoir et en adoptant une démarche rigoureuse et méthodique à toutes

les étapes du développement que ce risque peut être limité, sans être évidemment totalement éliminé. Et ce n'est qu'en l'acceptant que de tels programmes peuvent être menés à bien.

Remerciements aux ingénieurs de EADS Launch Vehicles qui ont apporté leur collaboration pour cet article, et en particulier :

- C. Muzereau et E. Decot, département thermique-hydrodynamique.

J.-P. Boussange et P. Gandilliet, Groupe de programme M51

Ainsi qu'à l'IGA (2^e s) Dominique Chevallier pour sa connaissance de l'histoire de la Dissuasion.

Les progrès de la propulsion à propergol solide

par Gérard LEPEUPLE - SNECMA

Instant availability over many years and the density of the stored energy are decisive advantages for solid propellant rocket motors for defence applications, despite the inflexible nature of their thrust characteristics and the fact that any test expends the material.

The history of strategic propulsion is punctuated by technological innovation and substantial improvements obtained through the use of advanced materials such as thermostructural composites.

To reduce the costs of testing, two approaches have been and continue to be used: the first is to make greater use of increasingly sophisticated digital simulation, and the second is to cut unit costs, primarily by reducing motor component count.

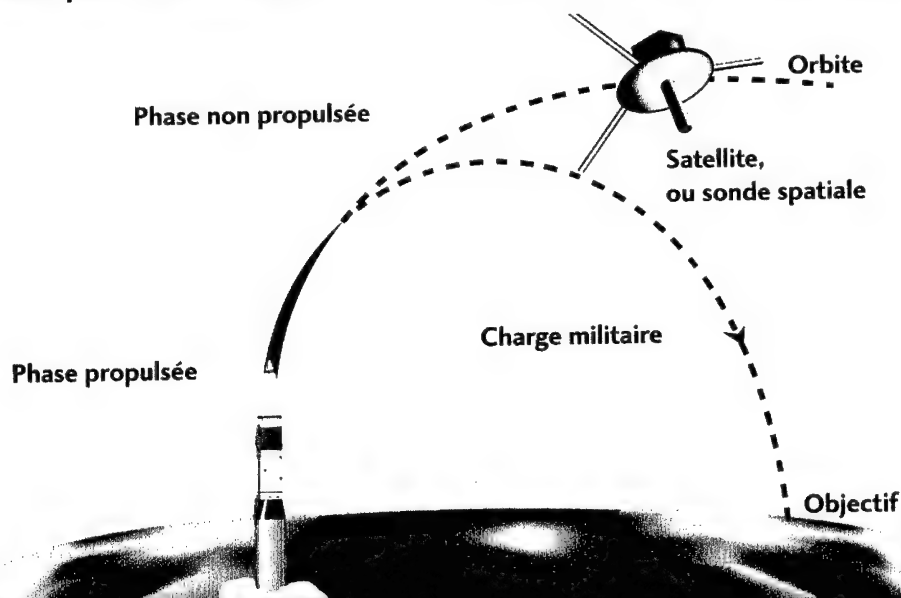
Les missiles stratégiques ou les lanceurs spatiaux ont comme finalité principale la mise sur orbite d'une charge utile. Cela revient à larguer des objets en un point donné de l'espace, selon une vitesse précise en direction et en valeur. La propulsion fournit les accroissements recherchés du vecteur vitesse en poussant (force propulsive) dans une direction (orientation de la poussée) ordonnée par les moyens embarqués du missile ou lanceur.

Modes de propulsion

Il existe deux modes de propulsion capables de fonctionner dans le vide. Il s'agit alors de propulsion - fusée dans laquelle non seulement le carburant mais également le comburant sont embarqués dans le système.

Le premier mode fait appel à des ergols liquides. Ceux-ci sont chargés dans des réservoirs séparés que l'on remplit peu avant l'utilisation. Les ergols sont tirés de ces réservoirs, mis en pression et injectés dans la chambre de combustion où ils sont brûlés. Les produits de combustion sont ensuite éjectés à travers une tuyère qui récupère la poussée créée.

136



Le deuxième mode de propulsion fait appel à du propergol solide dans lequel carburant et comburant sont intimement mêlés et stockés longtemps à l'avance. Le propergol brûle dans le réservoir qui constitue donc ainsi la chambre de combustion. Comme précédemment, les produits de combustion sont éjectés à travers la tuyère.

Le schéma ② illustre ces deux modes de fonctionnement. Il souligne la complexité du premier et ses dimensions importantes, par opposition à la simplicité apparente du deuxième et à sa compacité.

Les moteurs à ergols liquides

Compte tenu de la nature des ergols utilisés, très énergétiques, les produits de combus-

tion sont éjectés à des vitesses élevées, ce qui confère au lanceur de forts accroissements de vitesse. Mais, la masse de ces produits étant relativement faible, la poussée obtenue sera limitée (100 à 150 tonnes pour les moteurs européens, 400 tonnes pour les plus gros mondiaux actuels).

La séparation des ergols permet de moduler la quantité brûlée et donc la valeur de la poussée. L'ensemble est en outre réutilisable. Pour tous ces avantages, on trouve ce mode de propulsion largement utilisé dans les applications spatiales.

Les moteurs à propergol solide

Leur disponibilité immédiate durant de très nombreuses années et la densité d'énergie stockée confèrent à ces propulseurs des atouts décisifs pour les applications militaires, malgré le caractère forfaitaire de la poussée (difficilement modulable) et le fait que tout essai consomme le matériel (non réutilisable).

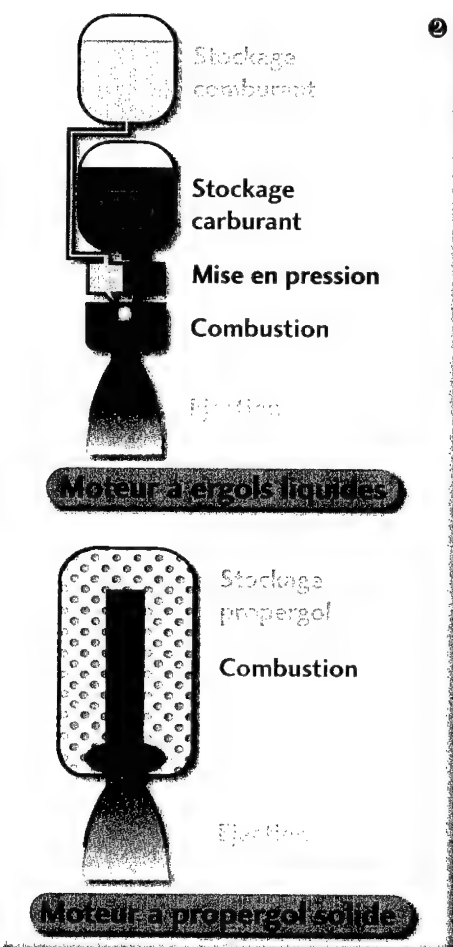
En outre, la très forte poussée des propulseurs solides (plus de 600 tonnes pour les étages à propergol solide d'*Ariane 5*) présente un grand intérêt pour les applications spatiales, afin de décoller les lanceurs très lourds et les extraire rapidement des couches denses de l'atmosphère où la traînée aérodynamique est forte.

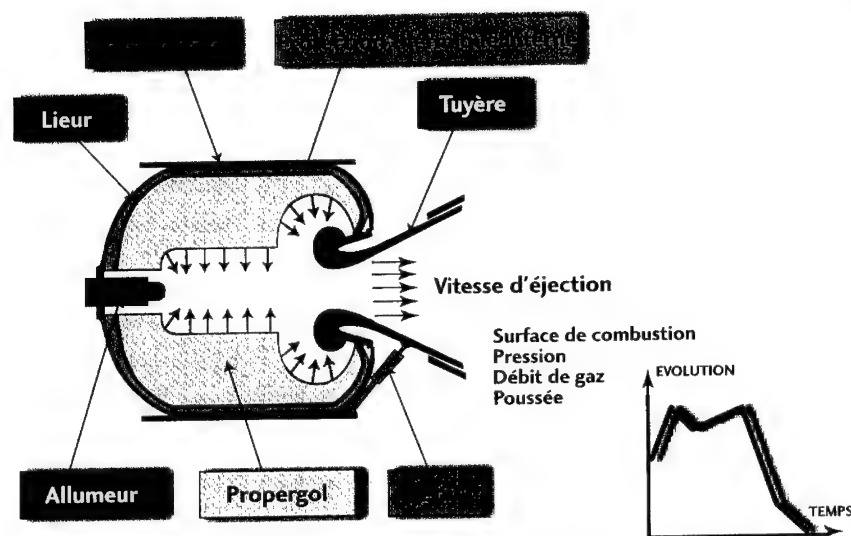
Dans notre propos, nous ne nous intéresserons qu'à la propulsion solide stratégique.

Constituant d'un propulseur stratégique

Un propulseur stratégique comprend les différents sous-ensembles décrits ci-après :

- une enveloppe externe, structure dorénavant en matériau composite carbone (époxy ou autre résine) ; la virole cylindrique fait partie également de la structure du missile ;
- une protection thermique interne (caoutchouc/élastomère) pour éviter que la température interne due à la combustion (quelque 3 000°C) ne se traduise par des





dégradations catastrophiques de la structure ou des équipements situés à proximité ;

- un lieur assurant une cohésion parfaite entre le propergol et la protection thermique ;
- du propergol dont le dessin interne détermine le profil de montée en pression au sein de la chambre de combustion en fonction du temps, et donc le profil de la poussée ;
- un allumeur, véritable propulseur à échelle réduite permettant la mise à feu du propergol ;
- une tuyère composée d'un col pour accroître la montée en pression dans la chambre de combustion, et d'un divergent pour la détente des produits de combustion et la récupération de la poussée ; le divergent peut être déployable afin d'améliorer les performances du moteur tout en conservant un volume réduit au repos ; la tuyère est fixée à la structure du propulseur par l'intermédiaire d'une butée flexible permettant des mouvements de rotation sous l'action de vérins, ce qui oriente la poussée dans la direction voulue.

Paramètres influant sur les performances

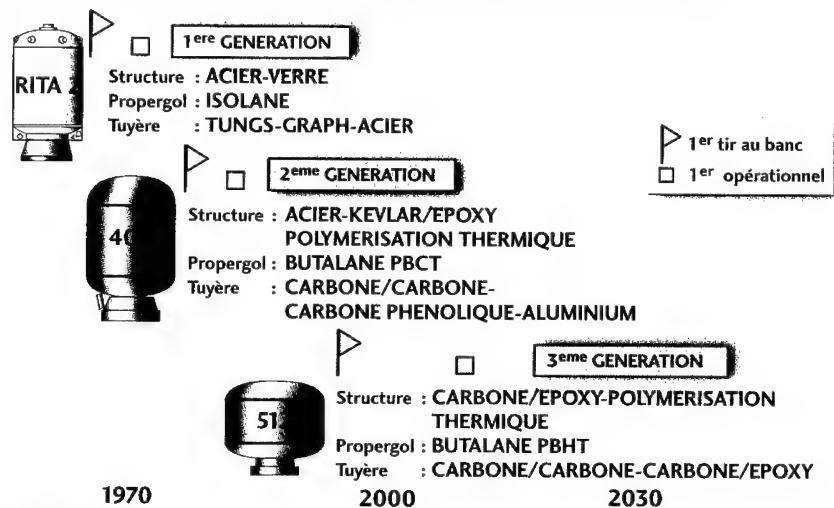
L'accroissement de vitesse communiqué par un moteur fusée est une expression de la forme suivante, dans laquelle

- π est le rapport entre la masse des inerts (M_i : tout ce qui reste une fois la combustion achevée) et la masse de propergol (M_p) : $\pi = M_i/M_p$;
- I_{sp} est l'impulsion spécifique, c'est-à-dire le temps pendant lequel le moteur fournit une force propulsive de 10 N avec 1 kg de propergol ;
- g_0 est l'accélération de la pesanteur

$$\Delta V = g_0 I_{sp} \ln\left(\frac{1+\pi}{\pi}\right)$$

L' I_{sp} est une fonction croissante de la pression, de la température de fonctionnement du moteur et du rapport de détente de la tuyère (rapport entre la pression à la sortie du divergent et la pression de fonctionnement). Pour améliorer les performances des moteurs, il faut jouer sur chacun des facteurs.

EVOLUTION DES TECHNOLOGIES DES PROPULSEURS STRATEGIQUES FRANÇAIS



- La réduction de la masse des inerts s'obtient en introduisant des matériaux légers capables de résister à la fois aux températures et aux pressions. C'est pourquoi les propulseurs à propergol solide font de plus en plus appel aux matériaux composites à base de fibre de carbone.
- L'augmentation de la masse de propergol s'obtient par un meilleur remplissage du volume disponible tout en contrôlant parfaitement les montées en pression et les déformations du propulseur.
- Le choix du propergol est fondé sur la capacité à obtenir des molécules chimiques de haute énergie mais dont la combustion reste toujours sous contrôle.
- L'augmentation de la pression de fonctionnement suppose l'utilisation de matériaux capables de contenir cette pression.
- Le rapport de détente peut être augmenté en réduisant le col de la tuyère (mais alors il faut résister à l'érosion très agressive des produits de combustion) ou en augmentant la section de sortie en jouant sur la longueur de la tuyère ; compte tenu du volume disponible dans un missile, on peut avoir recours à des divergents déployables.

Evolution des technologies utilisées

L'histoire de la propulsion stratégique est marquée par des progrès technologiques selon les orientations évoquées précédemment. On en trouve l'illustration dans la planche 4 montrant trois grandes étapes, les trois générations de propulseurs. La première est celle des missiles M1 à S3 ; la deuxième, celle du M45 et la troisième celle utilisée pour le développement en cours du M51.

Les gains obtenus, essentiellement par l'apport de matériaux avancés, peuvent être illustrés en retraçant l'évolution de l'indice constructif, *planche 5*, en fonction des générations de propulseur. L'indice est le rapport π précédemment défini, entre la masse inerte et la masse de propergol. Une division par 2 de ce rapport depuis l'origine signifie que l'on emporte deux fois moins de masse ne contribuant pas directement à l'obtention de la poussée. Cela se traduit directement soit par un accroissement fort de la portée, soit par une augmentation non moins importante de la masse de la charge utile à iso-portée.

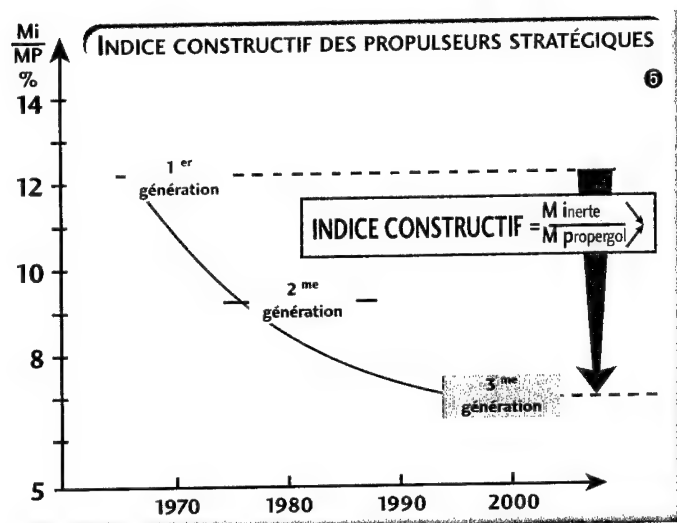
Ces progrès ont donc été considérables. Ils résultent de l'introduction des matériaux

composites et tout particulièrement des matériaux composites thermostrocturaux, c'est-à-dire capables de supporter de très hautes températures tout en ayant d'excellentes performances de tenue mécanique. Ils jouent un rôle fondamental dans les tuyères.

Un exemple est fourni dans la planche ⑥. On distingue les élastomères pour les protections thermiques ou les parties articulées (butées flexibles), les phénoliques lorsque les conditions thermiques ne sont pas trop sévères et les thermostrocturaux dans les zones les plus agressées.

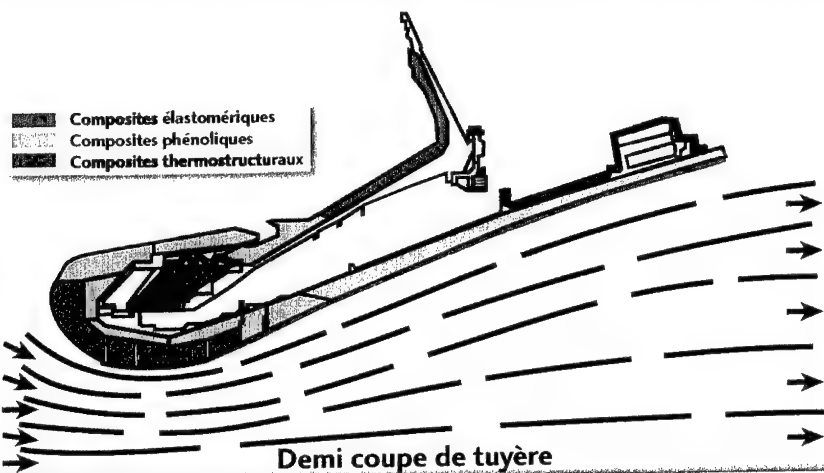
Autres progrès

L'amélioration des performances est certes un objectif très important, surtout à l'origine de la force de dissuasion ; mais il n'a pas été le seul visé, et il est aujourd'hui jugé peut-être moins prioritaire.



En particulier, une des caractéristiques évoquées au début, le caractère destructif des essais de fonctionnement des propulseurs à propergol solide, a des conséquences assez lourdes sur le coût de développement de ces propulseurs. Pour le diminuer, deux actions sont menées de façon continue ; la première est de faire appel à des modélisations numériques de plus en plus performantes permettant de diminuer le nombre des essais à faire, la deuxième est de réduire le prix de chaque spécimen.

LES COMPOSITES SNECMA DANS LES TUYÈRES DE PROPULSEURS A PROPERGOL SOLIDE ⑥



Les résultats obtenus dans ce dernier domaine résultent de nombreuses actions, parmi lesquelles la réduction du nombre de pièces constituant un propulseur - *planche 7* - (sept fois moins nombreuses pour les matériels en cours de développement que pour ceux de la première génération) et le prix de chacune de ces pièces, notamment grâce aux effets de volume de production apportés par les synergies entre missiles stratégiques et lanceurs spatiaux.

Gains potentiels

De nouvelles améliorations des propulseurs à propergol solide sont encore accessibles, que ce soit en termes de prix ou de performances. Dans ce dernier domaine, deux voies sont clairement identifiées :

- soit accroître la quantité d'énergie disponible en faisant appel à de nouveaux propergols ;
- soit augmenter le rendement du propulseur en restituant mieux

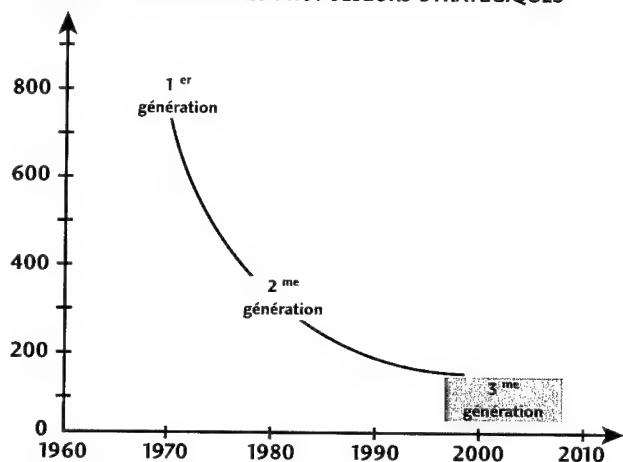
l'énergie disponible (par l'utilisation des divergents déployables, par exemple).

Le résultat peut se mesurer sur l'impulsion spécifique (cf. schéma 8), sachant qu'une seconde gagnée sur un deuxième étage de missile balistique se traduit par 30 à 40 km de portée supplémentaire.

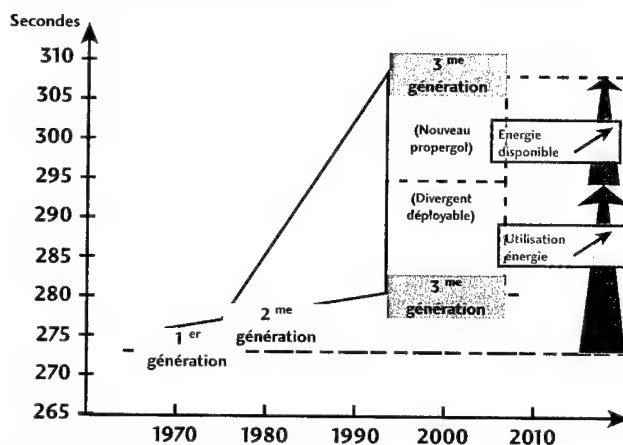
Organisation industrielle

Pour développer et réaliser les propulseurs stratégiques, il a été mis en place, dès 1972, une organisation spécifique dans laquelle se trouvent associées les compétences de motoriste de Snecma et de matériaux énergétiques de SNPE au sein d'un GIE, G2P, qui assure la maîtrise d'œuvre des propulseurs et la conduite des programmes correspondants.

NOMBRE DE PIÈCES DES PROPULSEURS STRATÉGIQUES




IMPULSION SPÉCIFIQUE DES PROPULSEURS STRATÉGIQUES



Bien d'autres éléments n'ont pu être évoqués ici, comme la sûreté de fonctionnement des propulseurs, leur contribution à la sûreté nucléaire ou l'augmentation des durées de vie qui a presque doublé pour certains propulseurs par rapport à la spécification initiale. A ce propos, des ordres de grandeur sont à rapprocher pour donner une idée des enjeux. La durée de combustion d'un propulseur est de l'ordre d'une minute. Un développement au sol nécessite maintenant six à huit essais, soit moins de dix minutes de fonctionnement à partir desquels des engagements sont pris pour trente ans environ.

D'une façon générale, tout ce qui a été réalisé et tout ce qui est en cours a mobilisé et mobilise encore des talents spécifiques dont l'objectif est la qualité du service

rendu. La profession s'enorgueillit d'ailleurs de ne déplorer aucun échec en vol dû à la propulsion depuis plus de vingt-cinq ans. Ce succès ne doit pas entraîner une sous-estimation des difficultés à résoudre lors du développement d'un propulseur ou de sa réalisation, mais aussi lors de son maintien en condition opérationnelle pendant près de trente ans alors que les technologies évoluent, les matériaux de base disparaissent et les normes d'utilisation de composants élémentaires se durcissent.

Créé pour la force de dissuasion stratégique, valorisé pour les lanceurs spatiaux, le métier des gros moteurs à propergol solide reste spécifique à ces deux utilisations, la première apportant les performances, et la seconde la réduction des coûts. Les deux se complètent et s'épaulent mutuellement. 

Dissuasion, NMD et TMD

par Alain JOXE, directeur d'études à l'Ecole des hautes études en sciences sociales
Président du Centre interdisciplinaire de recherches sur la paix et d'études stratégiques

The only quotation from Clausewitz that could be mentioned to portray him as a theorist of deterrence based on his theory of war, is the following phrase: "Because of their consequences, possible engagements must be considered as real" (Clausewitz, On Warfare, book III, chapter 1). If I consider that a possible engagement must be avoided it is because I foresee that it will result in defeat and its consequence, avoidance, has a definite impact on the remainder of the conflict, if only on the duration of non-engagement.

From a strategic viewpoint, nuclear bi-polarisation represented a possible engagement that had to be considered as real because of its consequences: deterrence, in other words the duration of the nuclear "non-war". However, the end of the global adversary, the USSR, and of the global binary confrontation, which we called "East-West", also saw the end of the prospect of total war with its associated paralysis. Should we regret this?

La seule citation de Clausewitz qu'on puisse évoquer pour en faire un théoricien de la dissuasion à partir de sa théorie du combat, est la phrase suivante :

« En raison de leurs conséquences, les engagements possibles doivent être considérés comme réels » (Clausewitz, De la Guerre, livre III, ch. 1.) Si je considère qu'un engagement possible doit être évité c'est parce que je prévois qu'il sera une défaite et sa conséquence, l'évitement, a un réel effet sur la suite de la guerre, ne serait-ce que la durée du non-engagement. Du point de vue stratégique, la bipolarité nucléaire représentait un engagement possible qu'on dut considérer comme réel par ses conséquences : la dissuasion, c'est-à-dire la durée de la non guerre nucléaire. Cependant avec la disparition de l'adversaire global, l'URSS, et de l'affrontement binaire global, dit "Est-Ouest", disparaît à la fois le projet de guerre totale, et sa paralysie. Faut-il le regretter ?

La fin de la dissuasion nucléaire globale

La dissuasion nucléaire fut le produit d'une série de raisonnements stratégiques, qui n'ont cessé d'évoluer, associés au matériel changeant : têtes de plus en plus puissantes et de plus en plus petites, vecteurs de plus en plus nombreux et invulnérables et de plus en plus précis à la fin, atteignant quelques mètres de Cercle d'Erreur Probable. C'est la précision qui caractérisait alors le mieux les progrès acquis dans la stratégie nucléaire. Lorsque celle-ci disparut, par collapsus de l'URSS, on récupérait déjà toute la course à la précision des fusées qui, du coup, n'exigeaient plus de tête nucléaire. La représaille massive est devenue, par la révolution électronique, un objet historique.

A la fin du cycle de la dissuasion, 1987-1991, on aurait pu croire que l'Etat mondial confédéral allait sortir de la coexistence pacifique bipolaire réglée par le désarmement nucléaire, l'*Arms Control*, les SALT et START, la démocratisation de l'URSS. S'il n'en a rien été, c'est sans doute parce que l'URSS s'est décomposée, mais aussi, plus fondamentalement, parce que, la dissuasion nucléaire, même raffinée par la précision n'a avec la ville prise au piège et avec la production

qu'un rapport de destruction et nullement un rapport de prédation ; elle ne peut déboucher ni sur un pouvoir féodal de rackets, ni sur un pouvoir royal de police c'est-à-dire une fonction souveraine de protection, au sens de Hobbes.

La fonction d'Etat impérial, ne prend pas forme. Les Etats-Unis se refusent à en instaurer le pouvoir, par adhésion à un libéralisme économique quasi-religieux. La victoire aux points des Etats-Unis n'aboutit pas réellement à la constitution d'un système politique mondial. L'Etat mondial ne peut sortir de la victoire du système (nucléaire) américain. Et on a la perception, mal théorisée encore, d'une "régression vers le Moyen-Age" sous l'effet de la révolution électronique.

Faut-il ressusciter l'imaginaire de la guerre totale ?

Dans ces conditions faut-il préférer la réapparition de l'imaginaire de la guerre nucléaire totale que semble évoquer le projet BMD ? A cette question ironique (au sens socratique), la réponse est évidemment "non", mais la question posée reste entrouverte, car elle permet d'en poser d'autres. On peut se demander en effet si le monde n'était pas plus stable lorsque la menace nucléaire croisée paralysait la grande guerre totale tout en suscitant son image en permanence. Aujourd'hui, il existe une quasi-monarchie américaine au sens que Dante donne à ce mot :

« La Monarchie temporelle que l'on dénomme Empire est la seigneurie d'un seul sur tous les êtres qui vivent dans le temps et sur les choses qui se mesurent par temps ».

Mais l'Empire électronique du "temps réel" ne remplit pas son contrat de gestionnaire de la paix : non seulement il gère par sous-traitance une multiplication de petites guerres cruelles et, par néolibéralisme déchaîné, foment la décomposition globale des souverainetés étatiques dans l'effacement de l'instance politique et sociale, c'est-à-dire une

version désossée de la démocratie ; mais encore il le fait en relançant une course aux armements autistique : étant certainement la puissance militaire dominante, l'Amérique veut le rester, sans entrer en compétition avec les autres, mais par une course contre elle-même visant le dépassement constant de ses propres technologies. A l'horizon 2020, si je me suis battu moi-même à la course, alors que je suis déjà le plus fort en 2001, je serais certainement plus fort que tout le monde : tel est le raisonnement prospectif proposé depuis Clinton pour la gestion stratégique de l'acquisition d'armements.

On peut dire que ce modèle a commencé avec Reagan et l'esprit "star wars", mais maintenant il est incarné dans des documents prescriptifs annuels des trois armes, bien réels, puisque moraux et financiers. Visant la mise en forme du monde comme un système panoptique répressif universel, normé grâce à l'électronique d'observation, de contrôle et de ciblage, le triomphe virtuel du globalisme ne repose plus sur aucun pacte et passe à côté du devoir de produire la paix, seule justification depuis le règne d'Auguste, du pouvoir d'Empire détruisant les autres pouvoirs d'Etat.

J'essaye donc de bien poser la question : face à cette acceptation du chaos, peut-on restaurer des stratégies clausewitzziennes qui referaient leur place aux souverainetés, comme volontés politiques de paix pactées ? à quelles échelles d'organisation politique ? et quels corollaires surgissent pour les doctrines militaires ? Je propose donc d'analyser la situation actuelle par une critique de la tendance NMD TMD, proclamée victorieuse par l'administration Bush, et de caractériser la période comme l'ouverture d'une recherche de contre-stratégies plus aptes à assurer la sécurité de l'Europe et le progrès de ses abords Sud et Est. Comme dans tout débat de fond démocratique, la forme des questions représente le consensus et importe plus que les réponses singulières qui constituent

le débat. Puisque l'Union européenne cherche, depuis la guerre du Kosovo et le colloque de Saint-Malo, à se donner les moyens d'une autonomie relative de gestion éventuelle des crises hors OTAN, on doit se demander d'abord comment s'inspirer des écoles stratégiques de l'époque bipolaire -devenues caduques- sans en perdre toute la substance, dans la mesure où elles étaient fondées sur certains principes politiques qui pourraient avoir été communs à l'Europe, avant d'être communs à l'Euramérique.

L'héritage de la stratégie nucléaire

La dissuasion française a été une contribution élégante à la sécurité européenne par économie des moyens et concentration des forces. Stratégiquement parlant, on ne pouvait nier qu'elle ait acquis une sorte de grâce ironique, surtout si on la comparait à la folie baroque et même au maniérisme rococo et à la surcharge ornementale qu'elle avait revêtu aux États-Unis à la fin du système bipolaire. Le Général Poirier l'avait dotée d'un "logiciel stratégique dissuasif" indépendant : il était suffisant de pouvoir détruire une France en Russie pour que l'imaginaire de la conquête ou de la soumission de la France à l'URSS soit dissuadé d'émerger politiquement.

Mentalement, la France et les Français se plaçaient hors du champ des menaces croisées soviéto-américaines qui constituaient, chacune dans son camp, un procédé pour obtenir la soumission des alliés. La France n'était pas soumise à une menace nucléaire soviétique, et donc pas soumise non plus à "l'offre de protection" américaine dans l'OTAN. Si les Français regimbent à tous les effets de *leadership*, cela s'explique car ils n'ont pas été "protégés par l'OTAN" depuis les années soixante. Aujourd'hui où l'OTAN ne protège plus contre rien, en France deux générations adultes ont toujours été préservées du "syndrome de protégé" et restent dotées d'un imaginaire stratégique autonome ; c'est l'héritage principal.

Par leur ambition de conquête mondiale, les deux monstres de la bipolarité étaient obligés à des gesticulations réciproques qui n'avaient rien à voir avec la protection des alliés, au contraire, comme l'ont compris les Allemands lors du déploiement des *Pershing* qui "garantissait la survie de l'Allemagne par sa destruction". L'équilibre des deux menaces impliquait une course quantitative et qualitative sans limite. Mais chacun des deux devait se dire : "ayant des ambitions conquérantes impériales visant l'Empire du Monde, il faut que je puisse non seulement dissuader l'adversaire de m'attaquer, mais aussi le dissuader de m'empêcher d'étendre mon empire". C'est cette "dissuasion positive" réciproque qui entraînait la spirale de la course aux armements illimités, car les deux empires conquérants par définition n'avaient pas pour but la paralysie, même si c'était la résultante provisoire de leur affrontement.

L'imaginaire de la guerre absolue et de la montée aux extrêmes par actions réciproques dominait donc le système stratégique qui paraissait ainsi avoir été "hyper-clausewitzien". L'héritage américain, c'est l'impasse de l'autisme stratégique où ils s'engouffrent, pensant neutraliser l'interaction clausewitzienne par la supériorité informatique.

Montée aux extrêmes et "dictature" de la troisième action réciproque dans la dissuasion nucléaire

En effet ce que Clausewitz conceptualise comme la loi tendancielle, c'est la montée aux extrêmes du combat de la guerre réelle, par "trois actions réciproques", dont il théorise la synergie. La montée se déploie aux trois plans du but politique, de l'objectif militaire et de la stratégie des moyens.

- La "*non limitation dans l'usage de la force*" est la pensée de l'anéantissement de l'ennemi, qui se définit au niveau du *Zweck* (le but politique) ;

- ▣ la "recherche réciproque du désarmement complet de l'autre" est bien la recherche constante de stratégies opératoires anti-forces, qui se situe au niveau du *Ziel* (l'objectif militaire) ;
- ▣ enfin le "déploiement maximal des forces" est bien l'action réciproque qui gère la course aux armements proprement dite comme une recherche permanente de supériorité absolue en moyens.

Mais Clausewitz dit bien que le rapport des forces (au combat), et donc l'issue de la bataille décisive dépend à la fois de "l'étendue des moyens" et de la "force de volonté". Cette dernière est politique et militaire et ne réside pas dans la logistique. Or, en stratégie nucléaire, les trois actions réciproques dominent certes tout le processus, mais elles se regroupent finalement toutes trois au niveau de la stratégie des moyens. Ce regroupement découle du fait que la dissuasion réciproque "réussie" aboutit au fait que la montée aux extrêmes n'est plus régulée par le rapport des forces morales dans le combat, par l'imaginaire de "l'issue du combat", ni par la victoire politique ; il y a exclusion réciproque du "combat nucléaire" parce que ses effets sont contraires à tout objectif politique rationnel.

Il y eut donc dans la bipolarité dictature de la troisième action réciproque sur les autres. La course aux armements devint la forme même que prenait la guerre totale entre l'URSS et les États-Unis. C'était une guerre, avec montée aux extrêmes, mais techno-industrielle. Ce n'était plus une guerre militaire et la Russie, semi-développée, devait fatalement la perdre, non pas sans violence, mais sans combat militaire.

RMA : vers une deuxième "dictature" technostratégique par l'électronique ?

Les États-Unis, après cette "victoire" sur l'URSS, cherchent le moyen d'accéder à une "victoire sur le monde" de nouveau grâce à

une technologie dominante, phénomène qui leur fut toujours profitable. Autrement dit, l'évanouissement des deux autres effets réciproques sous l'effet de la dominance de l'armement nucléaire a donné aux Américains la tentation de considérer cet état théorique exceptionnel de la dictature de la stratégie des moyens, comme généralisable, ou plutôt "normalisable" pour toujours, ou du moins tant qu'il serait possible de trouver un relais valable, dans la sphère techno-stratégique, qui puisse jouer le même rôle que le nucléaire dans la phase antérieure.

Ce relais, les Américains pensent l'avoir trouvé dans la révolution électronique et c'est le sens qu'ils donnent, depuis 1994, à la notion de « Révolution dans les Affaires Militaires » (RMA). L'avènement de l'électronique comme branche technologique dominante va remettre en forme, par la maîtrise de l'information, l'ensemble des dialectiques distinguées par les trois actions réciproques de Clausewitz. La RMA restaure la "dictature de la 3^e action réciproque", mais d'une manière plus subtile. La "maîtrise absolue" ne découlerait plus d'une explosion énorme mais d'une application fine et constante de l'intelligence tactique et stratégique à l'organisation de la menace de mort ou de destruction, grâce à l'électronique d'observation, de ciblage et de guidage sur objectif, des armes sans équipage.

Ils pensent - avec une certaine cohérence - que nous sommes donc sortis des guerres clausewitziennes et que les États-Unis peuvent dominer la loi des actions réciproques, qu'ils peuvent la remodeler et ériger une loi nouvelle dans la forme qu'ils souhaitent lui donner, à savoir la course autistique visant au maintien permanent de l'asymétrie informationnelle militaire et économique à leur profit, à toutes les échelles d'affrontement, grâce à la révolution électronique. Cette morphologie rendrait impraticable, à toutes les échelles, l'ordalie de la guerre comme continuation de la politique.

Effacement de la prééminence du politique

En effet, en annulant la distinction clausewitzienne des trois effets réciproques, les Etats-Unis pensent aussi, nécessairement, annuler la différence entre *Zweck* politique, *Ziel* militaire et programme armement. Pour tout dire, la détermination par le politique serait réduite à une fonction de décision subalterne par rapport à la domination de la technologie. La prééminence de la 3^e action réciproque et l'annulation de la réciprocité par le choix de la course autistique permet bien l'effacement de la hiérarchie traditionnelle plaçant le politique en tête.

La seule chose qu'ils ne peuvent réellement supprimer, c'est le fait que l'homme soit un animal politique, comme l'a dit Aristote. La soumission à une technologie qui annule la définition proprement politique des enjeux stratégiques, ne permet pas de produire une doctrine stratégique de domination politique du Monde. Le système américain est donc engagé dans une impasse politique par le triomphe techno-stratégique qu'il recherche. Ceci risque de faire plus de dégâts qu'une grande guerre, car, à défaut d'un projet politique, cela les oblige à penser le maintien de l'ordre dissymétrique par la normalisation de tout l'éventail des menaces de destruction ou d'assassinat ciblés, techniquement possibles. On peut observer des éléments de ce système, à l'essai, à la fois dans les modes d'engagement défectifs dans la guerre du Kosovo (suspension de toutes opérations terrestres) et en Palestine dans les techniques de répressions expérimentales, mises au point par les militaires israéliens contre l'actuelle Intifada.

Ce schéma paraîtra assez vite politiquement insupportable au monde entier ou suscitera des émulations très habiles sous forme de dictatures policières ou des ripostes incontrôlables sous forme de soulèvements ou d'actions terroristes. La démocratie va reculer.

Examiner stratégiquement NMD et TMD du point de vue européen

Ne peut-on pas réaffirmer la prééminence du politique, c'est-à-dire, chez nous, de la démocratie, en associant la révolution électronique au triomphe des libertés plutôt qu'à des techniques de répression pavloviennes ? Les techniques de l'artillerie moderne que sont les missiles sont-ils nécessairement à mettre au service d'une volonté de maintenir l'asymétrie, c'est-à-dire l'inégalité politique sociale, par l'inégalité militaire ? L'Europe, l'Union européenne, est-elle capable de dresser assez vite des contre-feux théoriques et pratiques nécessaires à l'équilibre du Monde ? Avons-nous les moyens de bien poser ce problème ?

Pour y parvenir, il faut d'abord, en France en tout cas, rapidement sortir de la stratégie nucléaire pour la dissuasion française, puisque ce n'est plus le lieu fondateur d'autonomie. Ensuite, noter que les États-Unis dotés du *leadership* techno-stratégique et économique global, mais privés d'un but politique pour le monde entier, semblent avoir sans cesse besoin de quelque épreuve de force avec quelque ennemi caricatural pour se rassurer sur leur *imperium* et pour restaurer, par une définition virtuelle de l'ennemi dans le combat, le clausewitzianisme politique dont ils ont besoin, comme tout le monde, et qu'ils pensent avoir détruit en attaquant la prééminence du politique par la dominance informationnelle.

Troisièmement, noter que l'Union européenne, elle, n'a nul besoin d'ennemi désigné et doit même avoir pour stratégie d'éviter d'en désigner sans raison politique propre ; le *leadership* militaire américain sur l'Europe, et même le *partnership* euroaméricain, n'est plus assuré pour longtemps si le système américain persiste à agiter les moyens, "modernisés" par l'électronique, de la guerre-éclair totale, comme constituant le ciment politique de leur alliance.

Quatrièmement, éviter que l'Alliance devienne une alliance virtuelle contre l'image d'ennemis dangereux imaginaires quoique localisables (Iran, Iraq, Corée du Nord) ; une alliance incapable de contribuer à la défense politique de l'Europe. Les problèmes politiques qui exigent une concertation internationale sont : prévenir les risques que comporte une évolution socio-économique globale trop inégalitaire et trop mafieuse pour le maintien de la paix, et dissuader les "menaces" lorsqu'elles se précisent. Si les Etats-Unis ne se préoccupent pas de cette question, l'OTAN pourrait sans doute persister comme organisation logistique, mais l'Alliance disparaîtrait de fait.

NMD et TMD sont des objets "sécuritaires", non politiques, succédant à des traités entre États souverains.

Le nouveau programme ou la nouvelle doctrine NMD des États-Unis ressuscite l'obligation d'entrer en conflit avec tous les Etats qui oseraient acquérir quelques moyens modernes d'aviation ou de fusées. Restaurer le politique, c'est sérier les questions d'une autre manière.

- ▣ **Le plan politique** : la question qui se pose aux Européens n'est pas celle du danger des "rogue states" - qu'il faut sans aucun doute pouvoir influencer au niveau des choix de développement et d'investissement et de la démocratisation des régimes politiques autoritaires qu'ils se sont donnés - , mais c'est la question du respect de l'esprit des traités de sécurité : la mutation qui met sur la touche le traité ABM de 1972-73-97, ne peut pas se faire sans qu'on remette au moins en forme des nouveaux pactes de limitation de la course aux armements, valables pour la nouvelle configuration et la nouvelle période. La révision des traités de limitation des armements est un type de processus poli-

tique. Même s'il en faut de nouveaux, on ne peut pas le soumettre à la logique proprement industrielle qui s'emparerait de la course aux armements notamment sous le *leadership* des Etats-Unis, si les principes politiques d'une limitation n'étaient pas réaffirmés. Les quatre ou cinq "rogue states" actuellement désignés ont tous cherché naguère, dans la pré-globalisation, à réduire l'inégalité sociale par un développement planifié. Trois ont été des Etats pétroliers qui nationalisèrent leurs gisements. Leur échec économique relatif et l'absence de démocratie y résulte en partie de la guerre économique qu'on leur fait. Cette catégorie de "méchants" renforce l'apparence d'une légitimité politique par la restauration clausewitzienne d'un adversaire agressif, alors que si on leur attribue l'ambition d'avoir des fusées stratégiques, c'est avant tout afin d'en faire l'ennemi virtuel justifiant la dictature de la stratégie autistique des moyens.

- ▣ **le plan militaire** : Le programme NMD reprend en sens inverse un processus, qui avec le traité d'interdiction des ABM avait conduit les grandes puissances de la bipolarité nucléaire, à réduire la menace nucléaire à quelques "mots" dans une rhétorique de la dissuasion globale et, à neutraliser ces mots eux-mêmes par un dispositif symbolique de défense - au choix défense d'un objet militaire, d'un seul site d'ICBM et/ou défense d'un objet politique, d'une capitale politique.

Même si la production de fusées atteignait des chiffres absurdes, la production de concepts et de traités, chargés de représenter la non-guerre-totale, se poursuivait activement. La distinction entre stratégie politique, stratégie opérationnelle et stratégie des moyens, demeure un éventail hiérarchisé intelligible et nécessaire en Europe. Leur distinction, et même leur hétérogénéité irréductible, est un outil du souverain , qui certes doit les fédérer mais

non pas les confondre. Cela est vrai aussi du souverain impérial : s'il manque à cette distinction, il cesse d'être légitime, car il cesse d'être politique.

► **Le plan "capacitaire"** - Le fait de disposer de tous ces langages dans une seule enveloppe intitulée *security relations*, et pour laquelle on recherche une unification "synergique" sous les ordres de la stratégie des moyens, est un paradigme militariste qui transcrit au plan politique l'esprit systémique, propre à la coordination des moyens d'action dans la guerre (totale). Ce que S. Bédar a pu appeler une "métastratégie capacitaire" dresse la pensée américaine sur une sorte d'observatoire panoptique solitaire d'où elle défie le monde entier en se privant essentiellement de buts politiques de guerre (*Zweck*) et, en conservant seulement le concept d'objectif militaire de sécurité comme source de sa politique globale d'acquisition d'armements.

Technodissuasion ?

Ce discours s'exprime au premier degré. Prenons par exemple la déclaration du candidat *Assistant Secretary on Political-Military Policy*, Lincoln P. Bloomsfield Jr, devant la Commission des Affaires étrangères du Sénat, le 25 avril 2001, qui doit décider de sa nomination définitive ; chargé d'évaluer les objectifs de Sécurité nationale et ceux de politique étrangère par et pour le contrôle des transferts d'armements. « *Évidemment, c'est au département de la défense que reviennent des responsabilités majeures, celles d'être capable de dissuader, de prévenir et de riposter (respond) efficacement aux menaces à la Sécurité* », déclare-t-il au Sénat.

Nous aurions tendance, en Europe, à mettre la prévention en tête, dans la mesure où la prévention (d'une crise, plutôt que d'une menace) est précisément une activité diplomatique, économique ou politique, non pas

militaire ; la dissuasion est un produit de l'agencement de la contre-menace militaire quand la crise est déjà formée et c'est le résultat stratégique d'un dispositif qui détourne l'adversaire de décisions d'escalade militaire. La riposte (*response*) est l'action opérationnelle, l'usage de la force. Le fait d'inverser prévention et dissuasion dans la temporalité de crise et d'en attribuer l'ensemble au Pentagone vient précisément de la volonté de marier tous les moyens de sécurité sans définir de hiérarchie entre *State Département* et DoD, c'est-à-dire entre critères politiques et militaires : à cette définition technomilitaire de la dissuasion correspond une définition capacitaire de la stratégie.

Le passage des ABM au NMD et au TMD

Venons en au problème actuel. Le passage technostratégique s'est effectué de la protection de sites limités, bien précis, à la protection globale contre des salves limitées ou à la protection d'une région limitée contre des salves limitées. Ce sont deux embranchements stratégiques mutatoires. Il s'agit toujours d'antimissiles mais sous couvert de se rapprocher, dans le temps, du lancement, on se rapproche, dans l'espace, du site de lancement ; les procédures d'observation et d'alerte et la rapidité de ciblage et de mise à feu des fusées antifusées ont été accélérées par la révolution électronique. C'est pourquoi, même si on ne peut pas encore dire que cela fonctionne, on peut déjà penser "protection globale" contre "un lancement limité" par interception en début de vol dans la phase de poussée (*boost phase*), et non plus seulement protection locale par neutralisation avant l'arrivée ou à l'arrivée.

L'article "protection par antimissiles" surgit dans le catalogue des projets sous Clinton dès 1993 (dans la *Bottom Up Review* de 1993) sous forme d'un projet de *Theater Missile Defense*. En 1996, il commence à être financé

comme *National Missile Défense*. En 99, on lui ajoute même 6,6 milliards de dollars. Les raisons de Clinton en faveur du programme étaient faibles :

- ▀ Il fallait faire face aux futurs producteurs de fusées à longue portée dans le Tiers-monde ; le rapport de la Commission d'étude du Congrès présidée par Donald Rumsfeld prévoyait une percée réelle vers 2005 ; il y avait eu le premier essai (raté), en août 1998, d'une fusée à trois étages (nord-coréenne).
- ▀ La technologie d'interception serait enfin au point.
- ▀ On pourrait obtenir des Russes les aménagements aux traités nécessaires. Clinton lançait le programme mais en même temps ne le poussait guère. On pouvait penser qu'il s'agissait simplement d'un projet de RD qui se donnait l'apparence d'un programme stratégique fondamental.

Finalement, Clinton lui-même doutait, et, le 1^{er} septembre 2000, il annonça sa décision de ne pas autoriser le déploiement d'un système NMD du fait que la technologie de l'interception dans la phase de poussée de la fusée adverse n'était pas prête. L'interception en phase moyenne, déjà possible, n'avait aucune efficacité stratégique suffisante, vu la probabilité de dispersion des leurres. Il admet que la "pression des alliés de l'OTAN a joué un rôle pour détourner les États-Unis du déploiement d'une défense stratégique qui conduirait à l'abrogation du traité ABM.

Le NMD sous Bush Jr.

Pourquoi le projet redevient-il un programme vedette avec le Président Bush ? L'invention des *rogues states* vise désormais à justifier le NMD (pour les États-Unis) et les TMD (pour les alliés). M. Rumsfeld est Secrétaire à la Défense et ne fait qu'appliquer la politique qu'il recommandait dans son Rapport. L'Europe pense que le projet est de peu de sens stratégique, mais que la décision

américaine paraît prise et qu'il faut réagir par rapport à cette réalité. Les "*rogues states*" - et la Chine qui se profile par derrière - paraissent être maintenant institutionnalisés comme représentation de la menace globale virtuelle. Cette opération a commencé sous Clinton, sous l'inspiration de la droite républicaine qui vise aujourd'hui à "dominer le monde par l'asymétrie généralisée". Le déploiement de NMD est destiné à annuler "l'effet égalisateur" de l'arme nucléaire, utilisée en dissuasion. La Corée du Nord pourrait sinon dissuader les États-Unis de la frapper grâce à une représaille touchant le territoire américain. Cette conjoncture imaginaire est insupportable pour les États-Unis.

Autrement dit, le NMD révèle virtuellement un projet américain d'annulation de toute capacité de réaction défensive de tous les pays semi-développés du "Sud" qui voudraient obliger les États-Unis à modérer leur volonté de puissance impériale. La mise en réseau d'un TMD européen dans le NMD américain ne peut constituer un programme stratégique européen autonome. D'ailleurs, l'administration Bush a tenté d'effacer la distinction NMD - TMD. La symétrie et la réciprocité furent pensées avec effort, en Amérique face à l'URSS, comme garantie de la paix ; désormais elle devrait être exclue et l'asymétrie devrait rester totale, si possible pour toujours. Le modèle États-Unis-Irak deviendrait non seulement normal mais virtuellement "global".

La Russie

La Russie va-t-elle s'opposer à la révision du traité ABM ? et l'Europe ? La violation d'un traité de limitation des armements est une chose sérieuse. La position russe reste en principe opposée au retrait des Américains du traité ABM, annonçant même que la Russie se retirerait de l'accord START II que son parlement a ratifié en avril 2000. Selon le ministre de la Défense russe, les États-Unis

cherchent, par leur pression, à miner la dissuasion russe et chinoise. Mais à contre-courant, apparaît aussi une demande éventuelle de la Russie de Poutine d'être associée à cette asymétrie et de prendre part à la domination absolue sur le Sud par la menace moderniste du BMD. Les Russes ont donné ainsi quelques avis favorables au développement des systèmes qui intercepteraient les fusées adverses dans la phase de poussée des fusées (*boost phase*), plutôt que dans la phase de navigation à mi-course. Le Président Poutine a préconisé qu'une telle coopération permette de coiffer définitivement "les États voyous et leurs fusées". Elle propose de coopérer dans une *joint venture* (qui mettrait à sa disposition la technologie d'interception et la posterait ainsi dans l'espace "menacé protégé" au lieu de la rejeter dans l'espace "menaçant menacé". Toutefois, la technologie de l'interception absolue, si elle permet de tuer l'attaquant dans la phase de poussée de la fusée (*boost phase*) imposerait que la riposte soit automatique et, la riposte sur alerte technologique sans consultation politique ouvre donc sur un nouveau type de risque : le conflit déclenché par erreur.

Serait-ce réellement de l'intérêt de l'Europe et de la Russie de participer conjointement au système américain de protection anti-Tiers-Monde, allant jusqu'à une menace latente de guerres de représailles automatiques ? C'est d'abord une question politique et stratégique, non pas une question technologique et tactique. En tant qu'option prise sous pression économique, sans rapport avec la sécurité de l'espace européen, elle ne présage pas l'ouverture d'un rôle autonome stabilisateur, mais plutôt, comme dans le cas de la Tchétchénie, une spécialisation autonome de la Russie dans le maintien de l'ordre par la terreur et le crime contre l'humanité, qui ont été combattus par l'Europe dans les Balkans. Avec du recul historique on se demandera même si cette définition de la Russie n'a pas été celle du tsarisme et du stali-

nisme. L'intégration de la Russie dans l'Europe démocratique serait indéfiniment ajournée.

La tentation technostratégique en Europe

Même s'il est tentant, pour certains pays européens ou du moins certaines entreprises, d'entrer dans la logique industrielle de la construction d'un système de protection régionale antimissiles, il faut toutefois éviter absolument d'acheter tout le kit des représentations américaines. D'une part, la décision américaine étant prise, la création d'un marché d'acheteurs de fusées modernes (à guidage ultra-précis) serait pratiquement inévitable. Les Français sont assez bien placés avec la série de fusées anti-fusées Aster qui compte trois modèles dont le troisième est plutôt en avance sur les modèles comparables, actuellement opérationnels aux États-Unis, qui sont d'une conception plus ancienne (*Patriot* amélioré). L'*Aster 3* atteindra une portée de 1 000 km et pourra être considéré comme un missile antimissile de théâtre.

La réticence initiale de l'Europe et de la Russie à l'avènement d'un système de systèmes global, destiné seulement à neutraliser quelques États moyen-orientaux, a quelques fondements. Même certains Américains reprennent la définition française donnée par Paul Quilès : "une riposte virtuelle à une menace virtuelle", et caricaturent le nouveau Secrétaire à la Défense comme "*Secretary of missile Défense*". Quelques précautions minimum sont à prendre pour éviter que l'autonomie qu'on cherche à construire au niveau de l'Union européenne soit entièrement "siphonnée" par la NMD, sous couvert d'accords techniques.

Par exemple, s'il y a association d'un réseau européen avec une NMD américaine, il est impératif de réfléchir de manière extrêmement précise aux articulations technologiques et aux connections en C3I. Elles pourraient

s'instaurer en permanence ou être évitées ou rester entièrement virtuelles en temps de paix, leur passage au réel étant une décision politique.

L'indépendance des missions et de la doctrine de l'Union européenne quant à la mise en jeu de cette "DCA" moderne doit être explicitement maintenue, en particulier dans les doctrines d'emplois de la force d'action rapide de l'Union européenne ou des instances sécuritaires ou militaires euro-méditerranéennes.

S'il n'y a pas accord sur la révision du traité ABM par la Russie, des méthodes nouvelles doivent être imaginées sur le continent européen pour la mise en forme, dans cette partie du monde, d'éléments pactés d'une manière spécifique, s'inspirant non pas de la conception globale américaine, mais des intérêts européens. Le traitement des questions sécuritaires doit se faire selon des critères propre-

ment européens, visant l'expansion d'une zone de bon voisinage et non pas le contrôle panoptique d'un "environnement", par des systèmes de contrôle des menaces virtuelles.

La théorie et la pratique des "*rogues states*", la notion floue de "zone de prolifération", risquent de produire plus d'effets politiques et diplomatiques nocifs que d'accords de sécurité régionale. Un Etat n'est "*rogue*" que s'il se conduit de manière agressive.

Cette contribution ne fait qu'ébaucher un débat sur les principes d'une sécurité régionale plus "clauswitzienne", plus politique que technostratégique, qui puisse se développer dans les années qui viennent en asservissant les percées technologiques aux buts politiques spécifiques de l'Europe, à ses pratiques démocratiques et socio-économiques, à son attachement aux formes juridiques des accords entre États souverains. ⚙

Le sens des mots

par Doubinine

MOU

La tradition diplomatique veut que les engagements internationaux se consignent dans un texte ratifié par les parlements et dénommé traité, accord ou convention. Les pouvoirs judiciaires peuvent se fonder autant que de besoin sur le texte rédigé par les pouvoirs exécutifs et adopté par les pouvoirs législatifs.

Cette procédure claire dans les pays de droit écrit et notarial est moins familière dans les pays de droit coutumier et contentieux, qui préfèrent l'instrument du « *Memorandum of Understanding* », dit en français mémoire d'entente. Cet instrument fixe sur le papier, signé des parties, l'état d'un rapport de forces et d'intérêts au moment de la signature. Il va de soi que le pays signataire de droit écrit est irrévocablement engagé par les termes du « MOU », et que le pays de droit coutumier est parfaitement fondé à en demander la renégociation dès que le rapport de forces et d'intérêts a changé.

Coopération (d'armement)

Le mot coopération, dans notre domaine de l'armement, a pris un sens assez précis, qui consiste à se mettre à plusieurs sur une base d'égalité de droits et devoirs, pour mener ensemble les phases de conception, développement et réalisation d'un matériel ou d'un système cher et complexe. Quand on sort du cadre où les pays sont égaux pour passer à un cadre où un pays est nettement plus égal que les autres, ce dernier a une vision très différente de la coopération en matière d'armement, ce qu'on pourrait appeler la coopération du fort au faible, qui consiste en vente de matériels et de services associés, voire de licences. Il est remarquable que ce dernier sens est donné tant par les Russes au mot Coopération (« *Sotroudnichestvo* ») que par les Américains au mot « *Cooperation* » (sans accent). Après tout, le charcutier et le cochon coopèrent pour donner le jambon.

Genèse de la doctrine française de dissuasion

— avatars et originalités —

par l'amiral Marcel DUVAL

The Fourth Republic launched the development of nuclear weapon essentially for reasons of international status. Thereafter, General de Gaulle provided France with the necessary tools for an independent strategy of deterrence. Rejecting NATO strategy of « flexible response », France clung to a purer interpretation of nuclear deterrence. But once she had acquired tactical nuclear weapons, France hesitated with formulating guidelines for their possible use, particularly as West Germany was very concerned about their deployment along its frontiers. France finally developed the doctrine of the « last warning shot » to be fired exclusively on the order of the head of state, prior to the release of the French strategic forces. Just as for the other nuclear powers that have embraced the strategy of deterrence, the end of the Cold War poses the problem for France of what strategy to adopt if her interests are severely threatened outside her homeland.

La stratégie de dissuasion repose sur un postulat psychologique, à savoir que la menace terrifiante de dommages insupportables que fait peser sur un Etat agresseur la possession par son adversaire d'un armement nucléaire lui fera renoncer à entreprendre ou à poursuivre son agression ; aussi sa qualification par les Anglo-Saxons de *deterrence* est-elle plus évocatrice que notre traduction française. Par ailleurs, la stratégie de dissuasion ainsi comprise comporte deux volets : un volet déclaratoire (l'annonce des circonstances dans lesquelles cette menace sera mise à exécution) et un

volet opératoire regroupant l'organisation du commandement et du contrôle des systèmes d'armes associés et les modalités effectives d'exécution ; l'ensemble est souvent résumé par l'expression "doctrine". Notre stratégie opératoire ayant toujours été couverte par un secret défense très strict, seront essentiellement traités ici les avatars de notre stratégie déclaratoire, en soulignant parfois ses originalités par rapport à celles des autres pays dotés d'armes nucléaires et, en particulier, de ceux qui appartiennent comme nous à l'Alliance atlantique.

Le transfert en France du concept de dissuasion

Le concept de dissuasion nucléaire est né le 6 août 1945, lorsque l'emploi sur

Hiroshima de la première bombe atomique existante fut suivi, presque immédiatement, de la capitulation du Japon, alors que les bombardements effectués précédemment sur l'Allemagne nazie, dont certains avaient été



Histoire de l'armement

aussi meurtriers, n'avaient pas réussi à la faire plier. La révolution stratégique qui allait résulter de cette constatation fut immédiatement perçue en France, comme en témoignent les articles prophétiques publiés moins de deux mois après sous les plumes de l'amiral Castex et du colonel Gallois.

Mais c'est huit ans plus tard seulement que la stratégie de dissuasion fut adoptée aux Etats-Unis, alors que précédemment ils en étaient restés, en cas d'urgence, à une stratégie d'emploi effectif de l'arme nucléaire. Cette mutation eut lieu au cours de l'année 1953, à l'occasion d'un *new look* de la politique de défense américaine qu'avait entrepris, dès son accession à la présidence, le général Eisenhower, auparavant premier commandant suprême de l'OTAN en Europe (Saceur).

Elle fut rendue publique en janvier 1954 sous la forme suivante : « Etant donné que nous ne disposerons jamais de forces terrestres suffisantes pour nous permettre de contenir celles du monde communiste, notre défense doit désormais être renforcée par la dissuasion nucléaire [*nuclear deterrence*] que constituera, pour un agresseur, notre capacité d'exercer contre lui des représailles massives [*massive retaliations*] ». L'exécution de ces représailles incombait alors aux bombardiers du *Strategic Air Command*, à partir des bases aériennes situées tout autour de l'Union soviétique et, pour la plupart, en pays alliés.

Mais il convient d'ajouter que, à la même époque, les Etats-Unis avaient entrepris de déployer en Europe – et cela plus ou moins à l'insu des gouvernements concernés – leurs premiers systèmes d'armes nucléaires "tactiques", qu'ils appelèrent bientôt de "théâtre", à savoir : chasseurs-bombardiers, canons, missiles sol-sol, mines terrestres et même armes individuelles (*Davy Crockett*), dont l'emploi effectif était prévu très tôt en cas d'agression par les forces du pacte de Varsovie. Et en décembre 1954, le Conseil de l'Atlantique autorisa les autorités militaires de l'OTAN à établir des plans et à faire des

préparatifs dans ce sens, mais le "concept stratégique" définitif ne sera approuvé qu'en décembre 1957.

Les gouvernements français du moment furent informés des modalités de cette nouvelle stratégie par le général Ély, puis le général Valluy, successivement chefs de notre délégation au Groupe permanent de l'OTAN (*Nato Standing Group*), à l'époque instance stratégique suprême de l'Alliance, qui siégeait au Pentagone, aux côtés de la délégation britannique. Et pour les détails de son application sur le théâtre européen, ils le furent aussi par le colonel Gallois, seul officier français appartenant au *New Approach Group* que le nouveau Saceur, le général Gruenther, avait constitué auprès de lui pour étudier les modalités de l'emploi, sur le théâtre européen, des nouvelles armes atomiques tactiques américaines.

Il faut bien constater que cette révolution stratégique ne souleva pas alors un grand intérêt en France, dont les gouvernements successifs avaient d'ailleurs des préoccupations militaires plus urgentes avec la conduite de la guerre d'Indochine, à laquelle allait bientôt succéder celle d'Algérie. Ils n'en avaient pas moins perçu l'importance politique majeure qu'allait prendre l'arme atomique, puisque à la fin de 1954 ils décidèrent d'en doter clandestinement notre pays et à la fin de la IV^e République, la mise au point de « la bombe » française était assez avancée pour que son avant-dernier président du Conseil, Félix Gaillard, signe en avril 1958 un ordre très secret prescrivant de préparer son essai pour le premier trimestre 1960, ce qui, on le sait, aura lieu effectivement.

Au même moment, le général Gallois publia, sous le titre *Stratégie de l'âge nucléaire*, le premier ouvrage conceptuel français sur la dissuasion, dans lequel il mettait en lumière, notamment, le "pouvoir égalisateur de l'atome" qui permet une "stratégie du faible au fort", et aussi la



notion de "dommages proportionnels à l'enjeu". Il sera suivi, en 1964, par celui du général Beaufre, *Dissuasion et Stratégie*, qui faisait ressortir, là encore, la capacité d'un "petit nucléaire" à entraîner un allié "grand nucléaire" à utiliser effectivement ses armes (c'est ce qu'on a appelé la théorie du "détonnateur").

Mais l'apport conceptuel le plus original fut, en 1966, celui du Centre de prospective et d'évaluation (CPE), créé par Pierre Messmer, alors ministre des Armées, pour l'assister dans ses choix de systèmes d'armes ; afin de justifier ses propositions, le CPE avait en effet pris l'initiative, sous l'impulsion de l'alors colonel Poirier, d'entreprendre l'*Etude logique d'un modèle stratégique concevable pour la France*, qui préconisait notamment une stratégie de "dissuasion absolue" en Europe, combinée avec une stratégie d'"action extérieure hors d'Europe". Pour réaliser la première, elle faisait ressortir la nécessité d'atteindre un "seuil dissuasif", c'est-à-dire la capacité d'infliger à l'agresseur des "dommages insupportables". Elle dégageait aussi la notion de "seuil d'agression critique", c'est-à-dire l'ensemble des critères permettant de conclure que l'agresseur menace les intérêts vitaux du défenseur, rendant ainsi plausible l'automatisme d'une riposte nucléaire. Enfin, elle identifiait les "intérêts vitaux" avec le territoire national érigé en "sanctuaire" et elle en tirait la conclusion que la "garantie nucléaire" d'une autre puissance ne pouvait pas être crédible. Tous ces concepts allaient par la suite imprégner profondément la doctrine française.

La doctrine française au niveau stratégique : continuité

Comme on le sait, dès son retour au pouvoir en juin 1958, le général de Gaulle décida la réalisation "en priorité absolue" d'une "Force de frappe" (nucléaire), qui "appartienne en propre à la France", pour que "sa défense soit

française". Et, comme l'a souligné Pierre Messmer qui fut pendant neuf ans son ministre des Armées, la stratégie du Général dans ce domaine sera essentiellement celle "des moyens" ; les caractéristiques de ces moyens devant se rapprocher dans la mesure du possible de ceux des pays déjà dotés d'armes nucléaires. C'est ainsi que fut lancée, par l'intermédiaire de lois de programme, la mise sur pied d'une "triade" stratégique, à composantes aérienne, terrestre et océanique.

Le Général s'intéressa aussi de très près aux dispositions prises pour la mise en œuvre de la Force aérienne stratégique (FAS), la seule dont il allait disposer. Il édicta d'abord par décret, le 5 juin 1964, que celle-ci interviendrait seulement « sur ordre d'engagement donné par le président de la République, président du Conseil de Défense et chef des Armées ». Puis il se montra très soucieux de la sûreté de ses liaisons pour la mise en œuvre de cette FAS et il s'intéressa de très près aux conditions pratiques de son emploi éventuel, c'est-à-dire à ce que nous avons appelé la stratégie opératoire ; laquelle n'était pas sans poser des problèmes d'itinéraires et d'objectifs, étant donné le rayon d'action limité des *Mirage IV A*, même accompagnés de leurs ravitailleurs en vol.

Quant à la stratégie déclaratoire du Général, elle se borna en fait à l'affirmation répétée de la priorité donnée à l'indépendance nationale et à l'intégrité du territoire national ; ce qui l'amena à refuser les propositions américaines de constituer une Force multilatérale (nucléaire) de l'OTAN (MLF), propositions qu'avait déjà acceptées la Grande-Bretagne. Mais le Général paraît s'être assez peu intéressé aux subtilités dialectiques de la dissuasion, bien, on le sait, qu'il les ait connues et assimilées. Personnellement, nous avons pu constater, lorsque nous avons eu l'honneur en 1966 et 1967 de lui présenter deux exercices sur la carte mettant en œuvre *Le Redoutable* (encore en construction), qu'il était très sensible à ses capacités "tous



azimuts" potentielles, et aussi qu'il aurait assez facilement "appuyé sur le bouton".

Son successeur, le président Pompidou, allait poursuivre avec vigueur la stratégie des moyens et s'intéresser de très près à la sûreté de ses liaisons avec les composantes terrestre et océanique de la triade stratégique, qui commençait à entrer en service à la fin de l'année 1971 (PC *Jupiter*, centres de commandement de Houilles et de Montverdun, alternatifs de celui de Taverny). Il se préoccupa aussi personnellement du choix des hommes chargés de leur mise en œuvre, comme nous en avons été le témoin pour les futurs commandants de SNLE. Quant à la stratégie adoptée pour cette mise en œuvre, elle fut officialisée dans un *Livre blanc* publié en juin 1972 sous la signature de Michel Debré, alors ministre chargé de la Défense nationale. Ce document se bornait en fait à souligner les avantages qu'il y avait à disposer désormais d'une triade, puisqu'elle obligeait l'agresseur « à mettre en œuvre des moyens gigantesques pour la neutraliser, révélant ainsi, sans ambiguïté, son identité et sa détermination ». Ce qui était surtout vrai pour sa composante terrestre ; mais de son côté, le président Pompidou souligna les "capacités de 2^e frappe" de la composante océanique ; et il évoqua aussi la notion d' "indice d'ennui" pour caractériser l'ampleur des dommages à provoquer pour dissuader un agresseur, et celle de "suffisance" pour déterminer le nombre d'objectifs à frapper pour atteindre cet indice (et par suite le nombre de vecteurs nécessaires).

On peut remarquer qu'à la même époque les Soviétiques commençaient à déployer autour de Moscou une défense antimissiles balistiques à têtes nucléaires, ce qu'autorisait le traité ABM conclu en mai 1972 avec les Etats-Unis ; alors que ceux-ci, hantés par l'éventualité de frappes préemptives, profitaient des négociations qu'ils avaient entamées avec eux afin de limiter le nombre et

les caractéristiques des armes nucléaires stratégiques (SALT), pour les convertir à la stratégie de dissuasion en brandissant la menace d'une Destruction mutuelle assurée (MAD).

Par la suite et jusqu'à la fin de la guerre froide, la doctrine française restera celle des "représailles massives" exercées dans un cadre strictement national. Ce qui n'empêcha d'ailleurs pas l'OTAN de reconnaître à Ottawa, en juin 1974, que notre Force nucléaire stratégique (ainsi que celle de la Grande-Bretagne) « contribuaient au renforcement global de dissuasion de l'Alliance ». Toutefois, on peut noter les hésitations personnelles du président Giscard d'Estaing à l'utiliser effectivement, puisqu'elles apparaissent dans une déclaration de 1977 et encore plus dans ses mémoires, montrant alors son attirance pour le *no first use*, c'est-à-dire le déclenchement de représailles nucléaires limitées aux seules agressions par armes nucléaires ; doctrine qu'avaient proclamée les Chinois dès leur accès à l'arme nucléaire. Il faut aussi mentionner les déclarations de son Premier ministre, Raymond Barre, qui, en évoquant « le déséquilibre décisif que notre Force nucléaire stratégique pourrait introduire dans le duel paritaire des deux Grands », officialisait ainsi la théorie du détonateur citée plus haut. Il insista lui aussi sur la notion de suffisance, déjà évoquée par le président Pompidou, qui deviendra de "stricte suffisance" sous le président Mitterrand. Mais, si l'on peut noter que ce dernier soulignera à plusieurs reprises qu'il était le seul décideur en matière de déclenchement du feu nucléaire, la doctrine française au niveau stratégique restera inchangée jusqu'à la fin de la guerre froide.

Pour ce qui concerne la stratégie opératoire, nous noterons seulement que la capacité d'infliger à l'agresseur des dommages insupportables, et cela non seulement à ses villes mais aussi, on le sait, à son économie, n'avait



cessé de croître au fur et à mesure du développement de la stratégie des moyens. Ce fut d'abord l'entrée en service, fin 1971, des premiers éléments des composantes terrestre et maritime ; puis leur dotation de missiles thermonucléaires à partir de 1976 pour la seconde et de 1980 pour la première, et enfin, en 1985, l'entrée en service de *L'Inflexible* armé de missiles à têtes multiples, soit 96 têtes par SNLE et d'une portée de 5 000 km, contre 3 000 précédemment. Les patrouilles simultanées de ces SNLE, d'abord au nombre de deux, furent portées à trois à partir du début de l'année 1983 ; elles se situaient en général en mer de Norvège, mais il y eut des apparitions en Méditerranée. Quant aux avions de la composante aérienne, dotés à partir de 1986 de missiles air-sol à moyenne portée (ASMP), ce qui les rendait moins vulnérables lors de leurs attaques, on a des raisons de penser que leur pénétration sur le territoire soviétique était en général prévue à partir de la Méditerranée.

La doctrine française au niveau tactique : hésitations

Alors que pour notre doctrine de dissuasion au niveau stratégique nous nous sommes efforcé de distinguer stratégie des moyens, stratégie déclaratoire et stratégie opératoire, pour celle au niveau tactique il nous paraît préférable de conserver l'ordre chronologique, puisqu'elle fut marquée, nous le verrons, par des hésitations, elles-mêmes en réaction de la conjoncture sur le théâtre Centre-Europe.

Il faut rappeler d'abord que le général de Gaulle n'avait pas négligé l'arme nucléaire tactique dans sa stratégie des moyens, puisque la décision de nous en doter fut prise dès 1963 ; mais son exécution dut être différée faute de disposer du plutonium militaire nécessaire. En attendant, le Général accepta que soient achetés aux Etats-Unis des systèmes d'armes nucléaires dont les têtes et

l'emploi restaient sous contrôle américain (avions d'attaque, missiles sol-sol, missiles sol-air), afin d'en équiper nos forces en Allemagne, comme l'étaient déjà celles de la plupart de nos alliés de l'OTAN. Cependant l'usage leur en sera retiré en juillet 1966, lors de notre retrait des structures militaires intégrées de l'Alliance, à la suite de notre refus d'approuver la stratégie dite de la "riposte graduée" (*flexible response*) que les Etats-Unis entendaient imposer, alors qu'en fait elle laissait au pacte de Varsovie l'initiative de l'escalade nucléaire sur le théâtre européen. Peu après, un accord intervint avec le Saceur du moment (accord Ailleret-Lemnitzer) pour qu'un appui nucléaire américain soit fourni à nos forces en Allemagne, « si la bataille devient nucléaire ». Et en 1969, le Général se montrera favorable à ce que notre 1^{re} Armée, alors en cours de mise sur pied, puisse intervenir en Allemagne avec ses futures armes nucléaires. De son côté, le général Fourquet, alors chef d'Etat-major des Armées, déclara : « *C'est autour de ces armes que s'ordonnera la bataille* ». Mais l'on sait aussi qu'au cours d'exercices sur la carte, le Général se montra très soucieux de rester le seul décideur de leur feu nucléaire.

Les systèmes d'armes nucléaires tactiques de fabrication française (missiles sol-sol *Pluton*, avions d'attaque *Mirage III E* et *Jaguar A*) n'entreront en service opérationnel qu'en 1974, c'est-à-dire à la fin de la présidence Pompidou. Le général Maurin, chef d'Etat-major des Armées, donna alors des indications sur leur emploi, en déclarant que leurs cibles seraient des objectifs « *d'une part, d'opportunité, comme des concentrations adverses, et, d'autre part, d'interdiction, que sont les cibles fixes d'infrastructure* » (c'est-à-dire situées au-delà de la ligne Oder-Neisse). Un accord conclu entre le commandant de la 1^{re} Armée et le commandant du théâtre Centre-Europe précisera les conditions d'intervention éventuelle de cette 1^{re} Armée en tant que « réserve



générale » de ce théâtre. Mais ce n'est qu'en 1976, sous la présidence Giscard d'Estaing, qu'un accord fut conclu entre le chef d'Etat-major des Armées et le Saceur du moment (accord Méry-Haig), pour régler la participation éventuelle à la bataille en Allemagne de nos forces nucléaires tactiques, « dans les meilleures conditions de sécurité réciproque et d'efficacité ».

Mais, en attendant, le déploiement de ces forces face au Rhin inquiétait fort l'Allemagne fédérale, et cela non seulement pour les *Pluton*, mais aussi pour les forces aériennes tactiques, probablement alors renforcées par des formations de *Mirage IV A*, dont les objectifs se situaient visiblement au-delà du rideau de fer, c'est-à-dire en République démocratique allemande. C'est alors que, pour calmer ces inquiétudes, des déclarations furent faites du côté français pour évoquer les éventualités de la participation de nos forces à la « bataille de l'avant » et à l'organisation d'une « dissuasion élargie ». En 1977, pour la même raison, furent lancés le programme de missiles *Hadès*, à plus longue portée (480 km contre 120 km), et celui des bombardiers *Mirage 2000 N* dotés de l'ASMP (portée 300 km) ; alors que, par ailleurs, était décidé l'aménagement de nos porte-avions afin de les rendre aptes à la mise en œuvre de l'arme nucléaire tactique.

Peu après, surgira la crise Est-Ouest, dite « des Euromissiles », provoquée par le déploiement des missiles soviétiques *SS 20* à portée intermédiaire et destinés ainsi, semble-t-il, à des frappes préemptives sur le seul théâtre européen ; déploiement auquel les Etats-Unis riposteront par celui de missiles eux aussi à portée intermédiaire (*Pershing II* et *Tomahawk*). Cette crise se terminera en 1987 par le traité INF, par lequel les deux parties s'interdiront mutuellement la possession de missiles à portée intermédiaire. Notre pays hésitera longtemps de s'y impliquer, par crainte que sa composante stratégique terrestre, qui avait une portée intermédiaire, soit prise en compte dans la négociation. Cela restera une obses-

sion permanente de la diplomatie française que l'arsenal nucléaire national soit pris en compte dans les négociations des deux Grands.

On a vu que, dès le début de son mandat, le président Mitterrand avait adhéré pleinement à la doctrine au niveau stratégique que lui avait léguée ses prédécesseurs. Par contre, celle au niveau tactique allait être l'objet immédiat d'une importante évolution, puisque son Premier ministre déclara : « *L'arme nucléaire tactique a pour vocation de restaurer la dissuasion au niveau stratégique [...] Son emploi signifierait la détermination du président de la République d'aller jusqu'aux extrêmes* ». Peu après, le chef d'Etat-major des Armées ajoutera que son emploi devait avoir « un effet militaire », en adressant ainsi à l'adversaire un « ultime avertissement » ; on retrouve là la suggestion faite en 1966 par le CPE et développée en 1977 par le général Poirier dans son ouvrage *Des stratégies nucléaires*.

En ce qui concerne la stratégie opératoire, on peut noter qu'il était prévu que nos deux porte-avions, en cours d'équipement en armes nucléaires tactiques, participeraient à la frappe d'ultime avertissement. Enfin, il faut souligner que depuis 1982 l'ordre d'employer effectivement ces armes ne pouvait être donné que par le seul président de la République, et cela par l'intermédiaire du chef d'Etat-major des Armées. Il n'y avait donc en ce qui les concerne aucune délégation aux échelons d'exécution, contrairement à ce qui existait chez les Soviétiques, et aussi chez les Américains.

La doctrine française de l'après-guerre froide

A la fin de la guerre froide, la doctrine française de dissuasion pouvait être énoncée comme suit : 1) Notre stratégie de dissuasion a pour finalité d'empêcher la guerre ; elle refuse totalement la notion de bataille



nucléaire. 2) Elle est mise en œuvre seulement si nos intérêts vitaux sont menacés. 3) Pour l'essentiel, elle se situe au niveau stratégique par la menace de représailles massives contre les centres vitaux de l'adversaire. 4) Nos armes préstratégiques ne sont pas destinées à prolonger les armes classiques ; elles se placent au début du processus nucléaire pour donner à l'adversaire un ultime avertissement, par l'emploi de frappes significatives mais non renouvelables contre des objectifs militaires. 5) La décision d'emploi de toutes nos armes nucléaires incombe au seul président de la République. Et concernant ce dernier point, on peut noter qu'en juin 1996 (seulement) un décret précisa que (seul) celui-ci est « responsable de la décision ultime d'engagement éventuel de [tous les] systèmes d'armement qui participent à la dissuasion » ; le chef d'Etat-major des Armées a aussi (seul) « la responsabilité de la faire exécuter ». Ce décret modifiait ainsi celui pris par le général de Gaulle en janvier 1964, qui ne concernait que les Forces aériennes stratégiques, les seules existantes à l'époque.

Avec la fin de la guerre froide, la France, comme ses alliés de l'OTAN, allait être privée de son agresseur désigné, mais sa doctrine nucléaire ne fut pas pour autant modifiée. Le *Livre blanc* de 1994 (le seul depuis celui de 1972) se borna à préciser que, outre « la résurgence d'une menace majeure contre l'Europe occidentale », les « scénarios de conflit » qui pourraient entraîner la mise en œuvre de notre dissuasion sont aussi « l'atteinte à l'intégrité de notre territoire national hors métropole » et un « conflit régional pouvant mettre en cause nos intérêts vitaux ». Mais les moyens d'exercer cette dissuasion allaient diminuer rapidement après les décisions qui furent prises successivement de « mettre en état de veille technique », puis de démanteler les missiles préstratégiques *Hadès* destinés à remplacer les *Pluton* ; ensuite la composante terrestre de notre Force nucléaire stratégique (1996) ; et enfin notre

Centre d'expérimentation nucléaire, ce que n'ont pas fait jusqu'à présent les autres puissances nucléaires et ce qui nous interdit désormais le développement d'armes nucléaires de conception nouvelle. Il en résulte que, d'après les prévisions actuelles, nos forces nucléaires auront en 2015 la composition suivante : 4 SNLE armés de missiles à têtes multiples et de portée dépassant 6 000 km ; un nombre indéterminé, mais faible, d'avions *Rafale* basés à terre ou sur porte-avions et armés de missiles ASMP à tête de forte puissance et de portée supérieure à 500 km. Il apparaît ainsi que nos capacités à moyen terme seront essentiellement stratégiques et avec des ambitions « tous azimuts ».

Si nous comparons ces moyens avec ceux de nos alliés de l'OTAN, nous constatons que les Etats-Unis conservent leur triade stratégique, dans laquelle ils mettent l'accent sur sa composante océanique. Ils conservent aussi leurs systèmes d'armes nucléaires tactiques, mais en principe stockés à terre en métropole, à l'exception des bombes aéroportées en dépôts en Europe pour qu'elles puissent être mises en œuvre par des formations aériennes alliées, entraînées à cet effet. Les capacités de ces armes sont dites désormais *substratégic*, comme le sont aussi celles des 4 SNLE britanniques (les seules forces nucléaires restant à la Grande-Bretagne), en raison des caractéristiques (précision et possibilité de moduler la puissance et le nombre de leurs têtes nucléaires) de leurs missiles *Trident II D5* d'origine américaine. D'après une déclaration officielle, la capacité *substratégic* permet « un emploi très sélectif, et par suite franchement distinct d'une frappe stratégique, mais à un niveau de violence suffisant pour convaincre un agresseur d'arrêter son agression et de se retirer, sous peine d'être confronté à une frappe stratégique dévastatrice ». Leur finalité ressemblerait ainsi fortement à celle de l'ultime avertissement de nos armes préstratégiques, si on ne remarquait



pas que les Etats-Unis qualifient aussi de *substrategic* leurs bombes aéroportées *B 61 Mod 11*, dont ils vantent surtout les capacités de pénétration dans un objectif durci. Ce qui paraît en faire des armes décapitantes, c'est-à-dire des armes d'emploi ; d'autant que leur utilité est soulignée à propos de la menace que constitue la prolifération des armes de destruction massive (AMD), c'est-à-dire non seulement nucléaires mais aussi chimiques et biologiques, dans les Etats inquiétants (*of concern*), menace qui est de plus en plus une obsession américaine.

Une des perplexités à laquelle est confrontée la doctrine française de dissuasion est ainsi celle de son comportement à l'égard d'un agresseur de l'espèce, non pas tant en Europe où elle paraît peu vraisemblable, que dans un conflit régio-

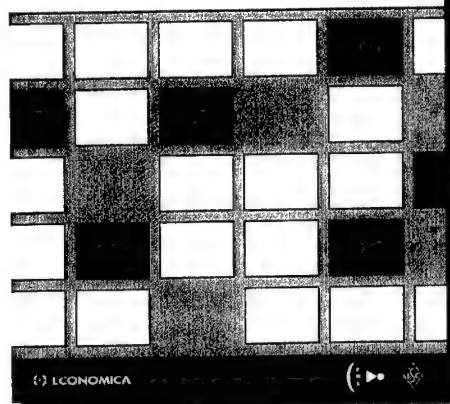
nal auquel nos forces armées seraient amenées à participer. Mais le problème majeur qui se pose au sujet de notre doctrine de dissuasion est celui de son adaptation éventuelle à l'organisation d'une dissuasion concertée en Europe. Car si l'Union européenne entend être un jour une puissance mondiale, il paraît évident qu'il lui faudra disposer d'une capacité de dissuasion nucléaire, puisque ni la Russie, ni la Chine, ni les Etats-Unis ne paraissent envisager leur désarmement nucléaire total. Et les projets actuels de Bouclier antimissiles ne peuvent que renforcer les risques d'une reprise de la course aux armements nucléaires, à moins cependant qu'ils s'avèrent totalement efficaces, ce qui aboutirait alors à la disparition du concept de dissuasion lui-même. En attendant, n'oublions pas que Moscou est la seule capitale à être protégée actuellement par un bouclier antimissiles qui, plus est, composé de missiles eux-mêmes nucléaires. ●

Bibliothèque STRATÉGIQUE

Lucien POIRIER François GÉRÉ

LA RÉSERVE ET L'ATTENTE

L'AVENIR DES ARMES NUCLÉAIRES
FRANÇAISES



La réserve et l'attente

L'avenir des armes nucléaires françaises
par Lucien Poirier et François Géré
Editions Economica, 2001

L'introduction de cet important ouvrage met le lecteur devant les résultats d'une réflexion à deux, menée par le général (CR) Lucien Poirier – qui s'est illustré en contribuant, dans les années 60, à l'élaboration des théories stratégiques et notamment à la stratégie de dissuasion nucléaire du faible au fort, théories dont a procédé la doctrine française, et François Géré, directeur scientifique de la Fondation pour la Recherche Stratégique – personnalité de premier plan parmi les spécialistes qui considèrent que: « *La pensée stratégique n'est rien si elle n'est pas libre* » (page 13 du livre ici présenté).

La réserve et l'attente a été élaboré entre 1998 et 2000, les deux textes étant la moisson d'une décennie d'échanges entre leurs auteurs. Rien d'étonnant que la chute du mur de Berlin cons-

titue le point de départ de la réflexion dans laquelle ils s'engageaient: il fallait mesurer la taille de la rupture et ses conséquences. Puis, à partir des existants stratégiques, imaginer leur évolution dans les épreuves auxquelles ils seront soumis par la formation d'un géosystème nouveau – tout en sachant que « *l'anticipation est d'abord acte d'humilité intellectuelle* », où l'on prend des risques.

Un long article publié par Lucien Poirier dans la revue *Stratégique*, en 1991, puis rebâti en un très dense livre, *La Crise des fondements* (Editions Economica, 1994) servit de « *socle de pensée sur lequel asseoir l'entreprise en cours* ». Dans ses pages, le théoricien considérait l'ampleur du passage d'un monde à un autre, en identifiait les obstacles et mesurait les incertitudes; pour adapter la stratégie de la France à une transition qui s'annonçait longue, il proposait deux concepts nouveaux: la sûreté et l'attente. Le livre resta peu connu, et mal connu, or il ne devait pas demeurer aussi inexploité. François Géré prit l'initiative de presser le général Poirier de: « *développer les implications de la posture d'attente stratégique pour la France, alors même que la PESC semblait prendre corps et qu'une identité de sécurité et de défense proprement européennes sortait des limbes, conservant avec les alliés de l'OTAN une relation riche d'ambiguïtés et féconde de risques. Tel est, brièvement, la genèse d'un labeur intellectuel difficile.* » (p. 11)

Sur un ouvrage de trois cent trente pages, où l'on met devant les yeux de notre esprit le monde en mouvement et en projection sur le quart de siècle à venir – tout cela ayant en point de mire la dissuasion nucléaire et tout ce qui lui est adjacent – le commentaire ne saurait être moins grave, et il tendrait vers une longueur similaire, sans en avoir la densité similaire à celle de certaines étoiles. Cela dit, la collaboration de Lucien Poirier et François Géré débouche non pas sur une indigeste « *abstraction de quintessences* », mais sur un livre vivant, lumineux, harmonieux. Tout ce qu'il exige, en toute légitimité, c'est une lecture avertie, patiente, grave.

Ilie Constantin

Colloque international Histoire de l'Informatique et des Réseaux

Grenoble, Automne 2002

Appel à communications

L'ACONIT (Association pour un CONservatoire de l'Informatique et de la Télématique), l'AHTTI (Association histoire des télécommunications et des techniques de l'information) et le CHARME (Comité pour l'histoire de l'armement), en collaboration avec l'IMAG (Institut des Mathématiques Appliquées de Grenoble), prennent l'initiative d'organiser, en octobre 2002, un colloque international sur *L'Histoire de l'Informatique et des Réseaux*.

Ce colloque, qui souhaite présenter les travaux des historiens et rassembler les témoignages de ceux qui ont contribué à l'histoire de l'informatique et des réseaux de données, depuis l'origine jusqu'aux années 1980, propose comme thèmes principaux, mais sans exclure d'autres propositions :

- La valorisation du patrimoine scientifique et industriel en informatique.
- L'évolution des contenus et des concepts dans l'enseignement et la recherche.
- L'impact des réseaux d'ordinateurs sur les matériels et systèmes logiciels.
- L'évolution des structures de normalisation.
- Les glissements de frontières entre informatique et télécoms.
- Le rôle de la Défense dans le développement de l'informatique.
- L'automatique et la robotique.
- L'informatique en médecine et en chirurgie.

Il s'inscrit dans la continuité des colloques sur l'Histoire de l'Informatique, organisés en 1988 à Grenoble, en 1990 à Paris, en 1993 à Sophia-Antipolis, en 1995 à Rennes et en 1998 à Toulouse et s'accompagnera d'une exposition historique sur les matériels informatiques et de réseaux.

Les propositions de communication doivent avoir un contenu historique et concerner la période indiquée. Un résumé de deux pages au maximum de la proposition doit être adressé, avant le 15 janvier 2002, en format texte *ascii* ou *RTF* à l'adresse E-Mail colloque2002@aconit.org, ou bien en format papier à l'adresse suivante :

ACONIT
Colloque 2002
10 bis rue Ampère
BP 267
38016 Grenoble Cedex

Les propositions seront examinées par le comité scientifique du colloque.

Le colloque devrait bénéficier du patronage des collectivités régionales, d'entreprises publiques et privées, régionales et nationales, et de l'Union européenne.

Pour toute information complémentaire
consulter le site Web

www.aconit.org/colloque2002

MINISTÈRE DE LA DÉFENSE



MINISTÈRE
DE LA DÉFENSE

JOURNÉE " SCIENCE ET DÉFENSE " **EN ILE-DE-FRANCE**

11 décembre 2001

« Reconnaître et identifier : un enjeu dual »

La journée « Science et Défense » en Ile-de-France, à l'initiative de la Délégation générale pour l'armement, a vocation à être un forum d'échange des connaissances entre la recherche civile et celle de la DGA.

A l'occasion de cette journée, plus de 500 chercheurs, ingénieurs, universitaires, militaires et industriels pourront confronter leurs idées sur la recherche de défense.

Cette journée se déroulera en trois sessions scientifiques au cours desquelles interviendront une vingtaine d'orateurs.

Les thèmes abordés au cours de ces sessions seront :

- **Capteurs et traitement du signal**
- **Protection et sécurité**
- **Des données au renseignement**

Pour toutes demandes d'informations complémentaires :

DGA / CHEAr / DRES : Arlette Lion
Tel : 01 45 52 47 10 Fax : 01 45 52 75 60

Claude Pical
Tel : 01 45 52 72 91 Fax : 01 45 52 75 60

Contact Presse :

DGA/COM : Myriam Nettier
Tel : 01 45 52 68 80 Fax : 01 45 52 53 58

SUPPLEMENT REDACTIONNEL

CHEAr / DPAr

L'ARMEMENT

DIRECTION - REDACTION : L'ARMEMENT

*Commission Paritaire des Publications
et Agences de Presse : en cours*

ISSN : 0243-6019

*26, Boulevard Victor - 00457 ARMEES
Tél. 01.45.52.72.22*

ABONNEMENTS :

*ECPA - Département gestion des productions
2 à 8 route du Fort - 94205 Ivry-sur-Seine Cedex*

*Règlement par chèque à l'ordre du :
"Régisseur d'avances et de recettes de la Dicod"*

IMPRESSION :

*Imprimerie Service S.A
2, rue Monge - BP 224
15 002 Aurillac Cedex*

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

*IGA C. Lievens
Directeur du CHEAr*

N° 75 OCTOBRE 2001

SOMMAIRE

	Page
● Décorations et Médailles	3
● Promotions, Nominations, Avancements	4
● 38 ^e session du CHEAr	8
● Mouvements	10

DECORATIONS et MEDAILLES

ORDRE NATIONAL DE LA LEGION D'HONNEUR

DECRET du 21 juin 2001 (J.O. du 24 juin 2001).

Sont promus :

CORPS DES INGENIEURS DE L'ARMEMENT

Au grade d'officier

L'ingénieur général hors classe de l'armement D. Plane.

Les ingénieurs généraux de 1^{re} classe Artaud, Caillard, Chadeau, Deguest, Gouédard, Magnien, Panié, Tert et Wernert.

L'ingénieur général de 2^e classe Montelescaut.

Au grade de chevalier

Les ingénieurs généraux de 2^e classe Caplain, Malavergne et Plassard.

Les ingénieurs en chef Batmalle, Baylot, Beaugrand, Borg, Coq, Côté, Dominé, Fauquembergue, Fermier, Ferrandi, Griseri, Guilmain, Iracane, Kerros, Lafon, Lorenzi, Meunier, Pauchon, Poirrier, Prats, Quinot, Renhas, Rey, Riot, Ronsin, Rougé, Sanson, Thiéry, Verdier, Veys et Wolf.

CORPS DES INGENIEURS DES ETUDES ET TECHNIQUES D'ARMEMENT

Au grade de chevalier

Les ingénieurs en chef de 1^{re} classe Berthomier, Douillot, Garcia, Gari, Jubien, Lavillette, Roy, Tanguy et Tréguer.

L'ingénieur en chef de 2^e classe Mimault.

CORPS DES OFFICIERS DU CORPS TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF DE L'ARMEMENT

L'officier en chef de 1^{re} classe D. Noyon.

DECRET du 13 juillet 2001 (J.O. du 14 juillet 2001).

Sont promus et nommés :

Au grade d'officier

M. Ch. Edelstenne, président-directeur général d'une société.

M. R. Greif, vice-président du conseil général des mines.

M. J. Mijonnet, vice-président-directeur général d'une société.

Au grade de chevalier

M. Fr. Berlie, directeur dans un groupe industriel.
M. P. Boniface, directeur, fondateur d'un institut.
M. L.-A. Carlier, président-directeur général d'une société.
M. G. Dabadie, président d'une société.
M. J. Jacob de Cordemoy, directeur adjoint dans un groupe industriel.
M. J.-Cl. Martin, directeur dans un groupe industriel.
M. B. Rambaud, directeur général adjoint dans un groupe industriel.

PROMOTIONS, NOMINATIONS, AVANCEMENTS

PERSONNELS MILITAIRES et PERSONNELS CIVILS

Grades et noms	Texte	Position nouvelle	Prise de rang
● Affectation des ingénieurs généraux de l'armement :			
<i>Ingénieurs généraux de l'armement</i>			
IGA 2 ^e classe A. Miquel	Décret du 31 mai 2001 (J.O. du 9 juin 2001)	● Nommé directeur du centre d'électronique de l'armement de l'établissement technique central n° 5 des systèmes navals et des technologies communes de la DCE	1.6.2001
IGA 2 ^e classe E. Tourne ép. Bonnevie	"	● Placée sur sa demande en position " de service détaché auprès du CEA	
IGA 2 ^e classe O. Rossignol	"	● Chargé de la sous-direction des ressources humaines et des affaires administratives	"
IGA 1 ^{re} classe Ph. Aliotti	Décret du 5 juillet 2001 (J.O. du 11 juillet 2001)	● Nommé inspecteur de l'armement pour les poudres et explosifs et élévation aux rang et appellation d'IGA hors classe	25.7.2001
IGA 1 ^{re} classe G. Lauriac	"	● Nommé chargé de mission auprès du directeur de la gestion et de l'organisation	1.9.2001
IGA 2 ^e classe J. Flory	"	● Nommé directeur de l'établissement technique central n° 5 des systèmes navals et des technologies communes de la DCE	"

Grades et noms	Texte	Position nouvelle	Prise de rang
IGA 2 ^e classe M. Donzel	Décret du 5 juillet 2001 (J.O. du 11 juillet 2001)	● Nommé adjoint au directeur des systèmes de forces et de la prospective	1.9.2001
IGA 2 ^e classe A. Archintini	"	● Nommé adjoint au chef du service des programmes d'armement terrestre de la DSA	"
IGA 2 ^e classe B. Michaut	"	● Nommé directeur de l'Ecole nationale supérieure d'ingénieurs de constructions aéronautiques	"
IGA 2 ^e classe N. Maffert	"	● Nommé adjoint au directeur de la coopération et des affaires industrielles, chargé de la sous-direction de la coopération bilatérale	25.7.2001
IGA 2 ^e classe S. Marcouyoux	"	● Nommé sous-directeur "affaires nucléaires, biologiques et chimiques" du service des programmes nucléaires de la DSA	1.8.2001
IGA 1 ^{re} classe J. Gaudillet	Décret du 25 juillet 2001 (J.O. du 2 août 2001)	● Nommé chargé de mission auprès du directeur de la coopération et des affaires industrielles	1.9.2001
IGA 1 ^{re} classe Fr. Flori	"	● Nommé chef du service de la qualité de la DPM	"
IGA 2 ^e classe J. d'Antin Tournier de Vaillac	"	● Nommé attaché d'armement près l'ambassade de France à Washington	"
IGA 2 ^e classe J.-L. Pac	"	● Nommé adjoint au directeur du CHEAr et chef du département des hautes études de l'armement	1.10.2001
IGA 2 ^e classe J.-M. Malterre	"	● Nommé sous-directeur, chef de la division systèmes et techniques du service des programmes aéronautiques de la DSA	1.9.2001
IGA 2 ^e classe A. Bovis	"	● Nommé chargé de mission auprès du directeur de DCN-Paris	"

● Promotion ou nomination dans la 1^{re} section du cadre des :

Ingénieurs généraux de l'armement

IGA 2 ^e classe G. Dugard	Décret du 31 mai 2001 (J.O. du 9 juin 2001)	IGA 1 ^{re} classe (avec maintien dans les fonctions)	1.6.2001
IGA 2 ^e classe M. Prevôt	"	"	"
ICA G. Fernandez	"	IGA 2 ^e classe (avec maintien dans les fonctions)	"

Grades et noms		Texte	Position nouvelle	Prise de rang
ICA	S. Marcouyoux	Décret du 31 mai 2001 (J.O. du 9 juin 2001)	IGA 2 ^e classe (avec maintien dans les fonctions)	1.6.2001
ICA	P. Renvoisé	"	"	"
ICA	J. Barre	"	IGA 2 ^e classe (réintégré dans les cadres et placé en position de service détaché auprès de la société SNECMA Moteurs)	"
ICA	J.-M. Malterre	"	IGA 2 ^e classe (avec maintien dans les fonctions)	"
IGA 2 ^e classe	Fr. Fayard	Décret du 14 juin 2001 (J.O. du 21 juin 2001)	IGA 1 ^{re} classe (avec maintien dans les fonctions)	1.7.2001
ICA	J. Figuet	"	IGA 2 ^e classe (en position de service détaché)	"
ICA	H. Guillou	"	IGA 2 ^e classe (en position de service détaché)	"
ICA	H. de Bronac de Bougainville	"	IGA 2 ^e classe (en position de service détaché)	"
ICA	S. Bonleux	"	IGA 2 ^e classe	"
IGA 2 ^e classe	D. Lallemand	Décret du 5 juillet 2001 (J.O. du 11 juillet 2001)	IGA 1 ^{re} classe (en position de service détaché)	1.8.2001
IGA 2 ^e classe	P. Goudou	"	IGA 1 ^{re} classe	"
ICA	D. Tixeront	"	IGA 2 ^e classe (en position de service détaché)	"
ICA	P. Auroy	"	IGA 2 ^e classe	"
IGA 2 ^e classe	P. Quinchon	Décret du 25 juillet 2001 (J.O. du 2 août 2001)	IGA 1 ^{re} classe (avec maintien dans les fonctions)	1.9.2001
IGA 2 ^e classe	X. Marchal	"	IGA 1 ^{re} classe (avec maintien dans les fonctions)	"
ICA	X. Lebacq	"	IGA 2 ^e classe (avec maintien dans les fonctions)	"
ICA	A. Bovis	"	IGA 2 ^e classe chargé de mission auprès du directeur de DCN Paris	1.9.2001
ICA	B. Planchais	"	IGA 2 ^e classe (avec maintien dans les fonctions)	"

● Réintégration et admission par anticipation et sur leur demande dans la 2^e section du cadre des :

Ingénieurs généraux de l'armement

IGA 2 ^e classe	M. Sancho	Décret du 31 mai 2001 (J.O. du 9 juin 2001)	● Placé en position de service détaché auprès de l'OTAN, réintégré et admis en 2 ^e section	1.8.2001
---------------------------	-----------	--	---	----------

Grades et noms	Texte	Position nouvelle	Prise de rang
IGA 2 ^e classe J. Malavergne	Décret du 31 mai 2001 (J.O. du 9 juin 2001)	● Placé en position de service détaché auprès de la société GIAT Industries, réintégré et admis en 2 ^e section	1.9.2001

● Admission par anticipation et sur leur demande dans la 2^e section du cadre des :

Ingénieurs généraux de l'armement

IGA 1 ^{re} classe J.-Fr. Bonnaud	Décret du 31 mai 2001 (J.O. du 9 juin 2001)	2 ^e section	1.9.2001
IGA 1 ^{re} classe A. Artaud	Décret du 5 juillet 2001 (J.O. du 11 juillet 2001)	"	1.10.2001
IGA 1 ^{re} classe J.-L. Fréson	"	"	"
IGA 1 ^{re} classe G. Mattern	Décret du 25 juillet 2001 (J.O. du 2 août 2001)	"	1.9.2001

● Nomination et promotion dans l'armée active :

CORPS DES INGENIEURS DE L'ARMEMENT

IPA O. Etchevers	Décret du 12 juillet 2001 (J.O. du 13 juillet 2001)	ICA	1.4.2001
IPA Ph. Gai	"	"	"
IPA C. Dumas	"	"	"
IPA L. Bénisty	"	"	1.5.2001
IPA A. Joux	"	"	"
IPA R. Claudon	"	"	"
IPA J.-Y. Courtois	"	"	"
IPA V. Martinot-Lagarde	"	"	"
IPA J. Baillot d'Estivaux	"	"	1.6.2001
IPA L. Malier	"	"	"
IPA J. Bendell	"	"	"
IPA B. Vignand	"	"	"
IPA O. Wicquart	"	"	1.7.2001
IA G. Jampy (3 ^e tour)	"	IPA	1.4.2001
IA Ph. Lorec (4 ^e tour)	"	"	"
IA Y. Cailliez (5 ^e tour)	"	"	1.5.2001
IA G. Lahaye (6 ^e tour)	"	"	"
IA Th. Becker (7 ^e tour)	"	"	"
IA Cl. Renard (8 ^e tour)	"	"	"
IA St. Pichon (9 ^e tour)	"	"	"
IA Fr. Leclercq (10 ^e tour)	"	"	"
IA X. Itard (1 ^{er} tour)	"	"	"
IA B. Gallezot (2 ^e tour)	"	"	"
IA B. D'Armagnac (3 ^e tour)	"	"	"

Grades et noms	Texte	Position nouvelle	Prise de rang
CORPS DES INGENIEURS DES ETUDES ET TECHNIQUES D'ARMEMENT			
IC2 G. Mimault	Décret du 12 juillet 2001 (J.O. du 13 juillet 2001)	IC1	1.5.2001
IC2 D. Auliac	"	"	1.6.2001
IC2 M. Architta	"	"	"
IC2 M. Caillot	"	"	"
IP F. El Khatib	"	IC2	1.4.2001
IP Ph. Vainqueur	"	"	1.5.2001
IP Ph. Piéri	"	"	"
IP Ph. Bassaler	"	"	"
IP A. Marcon	"	"	"
IP A. Colombet-Trescartes	"	"	" "
IP L. Bodennec	"	"	"
IP P. Astruc	"	"	1.6.2001
IP D. Lunelli	"	"	"
IP J.-P. Gay	"	"	"
IP J. Le Bouhellec	"	"	"
IP G. Maguet	"	"	"
IP P. Garrabé	"	"	"
IP S. Spilliaert	"	"	"
IP A. Lascaze	"	"	1.7.2001
I3 C. Devaud	"	I2	1.3.2001
I3 C. Sarrou	"	"	"
I3 C. Abiven	"	"	"
I3 C. L'hospital	"	"	1.4.2001
M. F. Ferriz	"	I3	1.2.2001
CORPS TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF DE L'ARMEMENT			
OC1 A. Lamouille	Décret du 12 juillet 2001 (J.O. du 13 juillet 2001)	OP	1.1.2001

38^e SESSION DU CHEAR

● ARRETE du 6 juillet 2001.

Sont admis comme auditeurs de la 38^e session nationale du Centre des hautes études de l'armement :

Auditeurs français

M. J.-C. Antoine, ingénieur en chef de l'armement, manager au segment de management systèmes de conduite des opérations air, service des programmes aéronautiques.

M. J. Authesserre, responsable de programme tête nucléaire océanique, Commissariat à l'énergie atomique.

M. J. Bacot, directeur du département génie civil et urbanisme, Institut national des sciences appliquées de Rennes.

M. Th. Barrios, ingénieur en chef de l'armement, chef du département plans, programmes, budget, finances, service des programmes d'armement terrestre.

M. J.-F. Baud, capitaine de vaisseau, commandant du sous-marin nucléaire lanceur d'engins *Le Triomphant*, marine nationale.

M. J. Bernard, responsable préparation du futur, programmes de recherches et technologies, SNECMA Moteurs.

M. J. Blanchais, colonel, chef de section système d'information du socle, armée de terre.

M. F. Bobo, responsable technique des missiles stand-off, Matra BAe Dynamics.

M. Ph. Boone, chargé de mission prospective technologique opérationnelle, sous-direction technologies et armement, délégation aux affaires stratégiques.

M. L. Borg, ingénieur en chef de l'armement, chef du département achat-expertise de coûts, service des programmes aéronautiques.

M. J.-M. Boutry, adjoint au directeur du département électromagnétisme et radar, Office national d'études et de recherches aérospatiales.

M. J. Cagnoux, ingénieur civil, chef de la division activité, centre d'études de Gramat, direction des centres d'expertise et d'essais.

M. L.-F. Canel, secrétaire technique de la commission spécialisée des marchés de l'électronique et des télécommunications, ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.

M. M. Changarnier, directeur commercial, SOFEMA.

M. J.-E. Chevillot, ingénieur en chef de l'armement, manager au segment de management systèmes aéroportés, service des programmes aéronautiques.

M. Y. Chochois, ingénieur en chef de l'armement, officier rédacteur, état-major des armées.

M. J.-M. Clère, médecin en chef, médecin-chef du centre d'essais en vol et du laboratoire de médecine aérospatiale de Brétigny-sur-Orge, service de santé des armées.

M. E. Delcourt, ingénieur en chef de l'armement, adjoint processus auprès du directeur de branche constructions neuves, DCN.

M. J.-M. Domitrovic, directeur commercial, GIAT Industries.

M. J.-P. Dupont, commissaire colonel, directeur du service des marchés centralisés, armée de l'air.

M. P. Dupuy, directeur du département aéronautique militaire, SAGEM.

M. Th. Duquesne, ingénieur en chef de l'armement, directeur d'opération systèmes de renseignement, service des programmes d'observation, de télécommunication et d'information, direction des systèmes de forces et de la prospective.

M. F.-H. Fabre, commissaire colonel, chef de bureau à la sous-direction de la fonction militaire, armée de terre.

M. V. Fauvel, conseiller technique, ministère de la défense.

M. R. Gaudin, vice-président du directoire, groupe Sodifrance.

M. G. Griseri, directeur de contrats char Leclerc France, GIAT Industries.

M. O. Guibert, directeur commercial de l'unité opérationnelle avions militaires, Thalès Avionique.

M. Ph. Günther, capitaine de vaisseau, division euratlantique à l'état-major des armées, marine nationale.

M. L. Helleringer, colonel, commandant la gendarmerie de l'armement, gendarmerie nationale.

M. Y. Hérin, confédération française de l'encadrement CGC.

M. P. Kerros, ingénieur en chef de l'armement, directeur de projet sous-marin nucléaire lanceur d'engins nouvelle génération, DCN.

M. H. Korsia, directeur de cabinet du grand rabbin de France.

M. P. Larroque, adjoint au directeur des programmes Mirage 2000-5/9, Dassault Aviation.

M. M. Ledun, directeur des programmes, Thalès.

M^{me} N. Lelaizant, épouse Guillou, ingénieur en chef de l'armement, secrétaire générale, conseil général de l'armement.

M. M. Lemée, commissaire principal de police, ministère de l'intérieur.

M. J. Levet, ingénieur en chef de l'armement, architecte adjoint frappe dans la profondeur, service d'architecture des systèmes de forces, direction des systèmes de forces et de la prospective.

M. J.-P. Nivet, colonel, adjoint au chef de bureau systèmes d'armes, armée de terre.
M. A. Nodet, responsable de l'analyse stratégique du secteur défense aéronautique, Oddo Pinatton.
M. B. Osterroth, ingénieur en chef de l'armement, directeur des opérations mobilité air, service des programmes aéronautiques.
M. J.-P. Pancrazio, professeur de droit international public et de relations internationales, faculté de droit et de science politique de Clermont-Ferrand.
M. F. Pepers, ingénieur civil, sous-directeur qualité et gestion de projet, DCN Cherbourg.
M. J.-L. Pinet, directeur de contrats export, DCN International.
M. D. Raguin, ingénieur en chef des études et techniques d'armement, sous-directeur affaires, centre d'électronique de l'armement de Bruz, direction des centres d'expertise et d'essais.
M. Ph. Reyz, ingénieur en chef de l'armement, adjoint au directeur des affaires commerciales et internationales, DCN.
M. J.-M. Roffi, ingénieur civil, manager systèmes exportés et directeur du programme Sarigue, service des programmes aéronautiques.
M. Ph. Schwob, ingénieur en chef de l'armement, sous-directeur technique, centre d'essais des Landes, direction des centres d'expertise et d'essais.
M. F. Séné, directeur commercial, Trasys.
M. Ph. Sireyjol, colonel, chef de la division coordination études générales, armée de l'air.
M. Ph. Tardieu de Maleissye-Melun, contrôleur adjoint des armées au groupe de contrôle des forces et organismes de soutien, contrôle général des armées.
M. P.-J. Vambré, directeur de comptes défense, France Télécom.

Auditeurs étrangers

M. U. Sahm, de nationalité allemande, attaché d'armement adjoint, ambassade d'Allemagne à Paris.
M. G. Ulsh, de nationalité américaine, lieutenant-colonel, ambassade des Etats-Unis à Paris.
M. N. Williams, de nationalité anglaise, administrateur civil, délégation aux affaires stratégiques.

MOUVEMENTS D'INGENIEURS MILITAIRES, D'OFFICIERS ET DE PERSONNELS CIVILS

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
INGENIEURS DE L'ARMEMENT			
● Mutation interne			
IP (CA) J. Bendell	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	DSA/SPMT Paris	1.5.2001
IC (EN) V. Bouedec	DSA/SPMT Paris	DSA/SPN Paris	1.5.2001
I A. Boursin	DCN Cherbourg	DCN Siège	1.7.2001
ép. Bocquet			
IP G. Le Ven	DCN Ingénierie Toulon	DCN Ingénierie CN Lorient	"
IC (CN) J. Tard	DCN/AC	DCN Siège	"
I (EP) O. Theret	DCN Brest	DCN Lorient	15.7.2001

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
IP (Mer) P. Abguillem	DCN/AC	DCN Siège DA	1.8.2001
IP P. Benard	DCN/AC	DCN Siège DI (CCG)	"
IC (Air) J.-P. Buleon	DRI/AC	DRI/AA Malaisie	"
IC (CA) A. Burie	DRI/AC	DRI/Institut français de Taipei (Taïwan)	13.8.2001
IC (EP) Y. Chevalier	DCN Cherbourg	DCN Siège DA	1.8.2001
IC (CA) P. Dufour	DRH/Divers	DRH/FOR	6.8.2001
IC (EA) St. Fremont	DRI/AA Emirats Arabes Unis	DRI/AC	13.8.2001
IC (CP) Fr. Guir	DRI/AC	DRI/AA Emirats Arabes Unis	1.8.2001
IC (NP) P. Le Roy	DCN Lorient	DCN Siège CN	"
IP (Mer) A. Louligi	DCN Indret	DCN Siège CN	"
IP (CN) V. Martinot-Lagarde	DCN Lorient	DCN Siège CN	"
IP (Hydro) J. Paillet	SHOM/Miss. Océano. Atl.	SHOM/Mission Océa. Pacifique Papeete	"
IP (Mer) A. Portalis	DCN Cherbourg	DCN Siège CN	"

● Mutation interdirections

IC (Mer) J.-P. Besnault	DGA/Insp.	DCE/AC	1.5.2001
IP (CA) Fr. Bouchet	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	DPM/AC	7.5.2001
IC (CM) M.-F. Legrand ép. T'kint de Roodenbeke	DCE/AC	DRH/AC	1.5.2001
IP (RE) R. Levet	DCE/CEB Le Bouchet	DSA/SPNuc	1.5.2001
IC (CA) P. Desbordes	DSA/SPNuc	SMA/AIA Cuers	1.6.2001
IC (RE) C. Dugue	DCE/BEC/Val-de-Reuil	DCN Ingénierie CN Lorient	"
I (EP) C. Lanciaux	DSA/SPAé Paris	DRH Divers	"
IC (Mer) M. Mouly	DSA/SPN Paris	DGA/COMM	"
IP (EA) Th. Beloeil	SMA/AIA Clermont-Ferrand	DSA/SPMT Paris	1.7.2001
IP (CA) D. Cornolle	DRI/AC	DSA/SPMT Paris	"
IC (Pdres) R. Favre	DSA/SPNuc	DCE/ETC2/D	15.7.2001
IC (Hydro) B. Frachon	SHOM/ET. PPL. SHOM Brest	DSP/STTC	1.7.2001
IP (EA) Ph. Gueziec	DRH/AC	DPM/SDP	4.7.2001
IC (Terre) A. Guillemette	DGA/Insp.	DSA/SPAé Paris	1.7.2001
IC (Mer) A. Guillou	DPM/AC	DCE/AC	"
IP (ENPC) St. Moizant	DPM/AC	DCI/AC	"
IP (ATT) L. Molard	DCI/AC	DSA/SPN Paris	"
IP (EN) J.-M. Quenez	DCN Ingénierie Paris	DCE/Bassin des Carènes - Val-de-Reuil	"
I (Air) E. Trotin	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	DCE/CELAR Bruz	"
I (CNAV) A. Barouh	DCE/Celar Bruz	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	1.8.2001
IP (Pdres) M. Cournil	DSA/SPNuc	DCE/CAEPE Saint-Médard	"
IC (EA) Fr. Dostert	DRI/AC	DCI/AA Berlin RFA	20.8.2001
IC (Terre) M. Esteve	DSP/AC	DRH/FOR	1.8.2001
I (Pdres) Th. Francou	DCE/CAEPE Saint-Médard	DSA/SPNuc	"
IC (Mer) Fr. Jouanjean	DRH/Divers	DSA/SPN Paris	"
IC (Mer) Ph. Juliot	DCN Ruelle	DCI/AA Italie	20.8.2001
IP (Terre) J.-C. Lenfant	DRH/Divers	DSA/SPOTI Bruxelles	"

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
● Mise à disposition			
IC (Hydro) Fr.-R. Martin-Lauzer	DCN/AC	MD/ET. PPL. SHOM Brest	18.6.2001
IC (Hydro) Y. Vimont	DRH/ENSIETA-Brest (Cadres)	MD/Min. Economie, Finances et Industrie	1.7.2001
IP (Air) P. Champion	SAACT	MD/Délégation aux restructurations Paris	1.8.2001
IC (ET) St. Deletang	DSA/SPMT Paris	MD/Conseil de l'Atlantique Nord/Bruxelles	20.8.2001
● Retour de mise à disposition			
I (CNAV) L. Boniort	MD/44 ^e Régiment d'Infanterie	DSA/SPNuc	1.6.2001
I (CA) E. Cosse	MD/Etat-Major Armée de l'Air	DPM/AC	1.7.2001
IG2 (Terre) N. Maffert	MD/Etat-Major des Armées	DCI/AC	25.7.2001
IC (CM) M. Sanson	MD/Etat-Major des Armées	DPM SDP	1.7.2001
● Fin de congé exceptionnel de moins de 6 mois			
IC(CP) P. Angot	CSS-6 mois	DCI/AC	1.5.2001
● Congé exceptionnel de plus de 6 mois			
IC (ET) J.-M. Diani	SD/CEA	CSS+6 mois	1.5.2001
IC (RE) J.-Fr. Léon	DRET/CEG-Gramat	"	1.5.2001
I (CM) J.-Fr. Navarre	MD/Premier ministre	"	1.6.2001
● Réintégration après un congé exceptionnel de plus de 6 mois			
IP (ET) P. Prophète	CSS+6 mois	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	1.7.2001
● Départ en service détaché			
IC (Mer) H. Sauvan	DCN Ingénierie Toulon	SD/DCN International	1.5.2001
IP (CA) E. Vieillefond	MD/Min. Economie, Finances et Industrie	SD/Min. Economie, Finances et Industrie	1.5.2001
IG2 (Air) E. Tourne ép. Bonnevie	DSA/SPNuc	SD/CEA	1.6.2001
● Prolongation ou changement de service détaché			
IG2 (Air) J. Barre	SD/CNES	SD/SNECMA	1.6.2001
● Réintégration après service détaché			
IP (EA) Th. Tournier	SD/CNES	DCN Siège DACI	1.8.2001
● Départ en congé spécial			
IG1 (Air) M. Dages	MD/CGAr	CSP	1.7.2001

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
● 2^e section			
IG1 (Air) A. Chadeau	DCN/AC	2 ^e section	1.6.2001
IG2 (Pdres) J.-P. Kehren	DGA/Insp.	"	1.6.2001
IGH (Pdres) J.-P. Moreau	DGA/Insp.	"	25.7.2001
IG2 (Air) M. Sancho	SD/OTAN/Nahema Aix-en-Provence	"	1.8.2001
● Retraite			
IC (Air) J. Hartweg	DSP/STTC	Retraite	30.6.2001
IC (Mer) Fr. Guegan	CR	"	8.7.2001
IC (Terre) J. Macqueron	CSS+6 mois	"	1.7.2001
IC (FA) A. Bastiani	DCE/ETBS Bourges	"	12.8.2001
IC (Air) J. Chezlemas	DGO/AC	"	5.8.2001
IP (Mer) G. Giordano	CSS+6 mois	"	1.8.2001
IP (Air) D. Vilbois	CSS+6 mois	"	"
● Démission			
I M.-H. Blom	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	Démission	3.7.2001
● Décès			
IG2 (GM) Jacques Delorme	2S	Décédé	11.6.2001
IG1 (Air) Paul Derbesse	"	"	29.7.2001
IG1 (Air) Roger Garry	"	"	15.7.2001
IG1 (GM) Jean Meyer	"	"	29.7.2001
IG2 (Air) Stéphane Thouvenot	"	"	22.6.2001
● Situation non répertoriée			
IC (EN) E. Chavasse-Fretaz	MD/Délégation aux Affaires stratégiques	EDGA/Contrôle général des Armées	1.5.2001
IC (CA) Y. Chevillon	DCE/CAEPE St-Médard	CAS+6	1.7.2001
I L. Divol	SD/CEA	CAS+6	"

INGENIEURS DES ETUDES ET TECHNIQUES D'ARMEMENT

● Mutation interne

I1 (CNAV)K. Denecker	DCN Brest	DCN Siège	1.5.2001
IP (CNAV)S. Leblond	DCN Indret	DCN Toulon	"
IP (ATT) A. Mondon	DSA/SPART Bourges	DSA/SPART St-Cloud	"
IP (ATT) P. Astruc	DCN/AC	DCN Ruelle	1.7.2001
I1 (CNAV)K. Denecker	DCN Siège	DCN Bureau de programme NTE à Rugby	"
IP (CNAV)R. Godard	DCN St-Tropez	DCN Siège	"

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
IP (CNAV) S. Kerrien	DCN/AC	DCN Brest	1.7.2001
I1 (CNAV) J. Ladan	DCN Ingénierie Toulon	DCN Systèmes de Combat Brest"	
IC2 (ATT) J.-L. Mazel	DSA/SPART Angers	DSA/SPART St-Cloud	"
I1 (CNAV) P.-Y. Mouchel	DCN Indret	DCN Ingénierie CN Cherbourg "	
IP (ATT) J. Sanchez	STIM/SERTIM Central Paris	STIM/SERTIM Papeete	15.7.2001
I1 (CNAV) V. Truffert	DCI/AC	DCI/SAA Londres	1.7.2001
I2 R. Ulvoas	DCN Brest	DCN Lorient	"
IC2 (CAER) D. Vigor	DCE/CEV Brétigny	DCE/AC	"
IC2 (CNAV) L. Bodennec	DCN Indret	DCN Lorient	1.8.2001
IP (CNAV) Fr. Bon	DCN Ingénierie Toulon	DCN Siège DACI	"
IP (CNAV) F.-R. Boulvert	DCI/AC	DCI/SAA Londres	20.8.2001
I1 (ATT) O. Hoarau	SHOM/Miss. Hydro. Atl.	SHOM/Mission Océa.	1.8.2001
		Pacifique Papeete	"
IC2 (ATT) A. Kada	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	DSA/SPOTI Bruxelles	"
IC1 (CAN) J. Le Blond	DRI/AC	DRI/AA Corée	20.8.2001
IC2 (CNAV) L. Legay	DSA/SPAé Coblence	DSA/SPAé Paris	1.8.2001
IP (CNAV) P. Merrien	STIM/SERTIM Papeete	STIM/SERTIM Cherbourg	"
IC2 (CNAV) Fr. Petit	DCN/AC	DCN Indret	"
I1 (CNAV) A. Quemeneur	DCN Brest	DCN Siège DI (CCG)	"
IP (CNAV) E. Retho	DCN Cherbourg	DCN/Direction de projet	"
		Agosta 90B	"
IC1 (CAN) A. Treguer	DCN Lorient	DCN Siège CN	"
I1 (CNAV) R. Vambre	DCN Indret	DCN Ingénierie CN Brest	6.8.2001
I1 (Pdres) P. Van Mele	DCE/CAEPE Saint-Médard	DCE/LRBA Vernon	1.8.2001

● Mutation interdirections

I1 (CNAV) G. Argou	DSP/CAD	DCE/CTSN Toulon	1.5.2001
I2 B. Bordessoule-Curt	DSA/SPAé Paris	DPM/AC	"
I1 (CAER) Th. Dodet	SMA/AIA Clermont-Ferrand	DCE/CEAT Toulouse	"
I1 (CAER) Y. Pujol	SMA/AIA Cuers	DCE/CEM Toulon	"
IC2 (CAER) S. Ropars	DCE/CEPr Saclay	SMA/AIA Bordeaux	14.5.2001
I1 E. Tosello	DCE/CTSN Toulon	DCN/Systèmes de Combat	1.5.2001
		Centre Sud Toulon	
I2 A. Barbier	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	DSP/STTC	1.6.2001
I1 (CNAV) M. Debatte ép. Peter	DSA/SPN Brest	DRH/GP	"
I1 (CNAV) M. Dufournaud	DCN Brest	DRH Divers	"
I1 (CAER) E. Geffard	DCE/CEPr Saclay	DPM/SQ Bordeaux	"
IC2 (CAER) R. Guinot	DSA/SPAé Paris	DPM/SQ Papeete	15.6.2001
IP (CNAV) St. Toulliou	DPM/AC	DRH/GP	15.6.2001
IP (CNAV) F. Alvarez	DCE/CELAR Bruz	DCN Systèmes de Combat	1.7.2001
		Centre Sud Toulon	
I1 (CAER) F.-X. Arnauld	SMA/AIA Bordeaux	DSP/SREA	"
IP (CNAV) A. Bervas	DCE/CEM Toulon	DCN/Systèmes de Combat	"
		Centre Sud Toulon	
IP (CNAV) Fr.-R. Boulvert	DSA/SPN Paris	DCI/AC	"
IC2 (CNAV) Fr. David	DSA/SPMT Paris	DCE/CEPr Saclay	"
I2 C. Decelle	SMA/AIA Bordeaux	DCE/CAEPE St-Médard	"

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
IC2 (CNAV) C. Dubois	DSA/SPN Paris	DCN Siège	1.7.2001
I1 (Pdres) P. Guillou	DCE/CTSN Toulon	DPM SDP	"
IC2 (CAER) J. Lejeune	DCE/CEV Istres	DPM/AC	"
I1 (CAER) D. Machart	DCE/LRBA Vernon	DSA/SPAé/CDEVS Mont-de-Marsan	"
IP (CNAV) Fr. Mathieu	DSA/SPMT Paris	DCI/AC	"
IC1 (CAN) B. Moreau	DGA/Insp.	DGO/AC	"
IP (Pdres) E. Nourdin	DSA/SPMT Paris	DRH/AC	"
I1 (CNAV) Fr. Ouary	DSP/CAD	DCE/CELAR Bruz	"
I1 (CAER) V. Pain ép. Brun	DSA/SPAé Paris	SMA/AIA Bordeaux	"
I1 (CNAV) G. Personnic	DCE/ETAS Angers	DSA/SPAé Paris	"
IP (CAER) M. Stosic	DCE/DREA Farnborough Grande-Bretagne	DSA/SPMT Paris	"
IP (ATT) B. Verdavaine	DRH/AC	DPM/AC	23.7.2001
I1 (CNAV) Fl. Bernardin	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	DRI/AC	1.8.2001
IP (CAER) P. Berthelie	SMA/AIA Clermont-Ferrand	DSA/SPMT Paris	"
I1 (CNAV) Th. Bourgeois	DCI/AC	DSA/SPAé Coblence	20.8.2001
IP (CNAV) Y. Breuille	DCE/CEG-Gramat	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	1.8.2001
IP (CNAV) P. Calvez	DCE/CELAR Bruz	DSA/SPOTI Bruxelles	"
IP (ATT) D. Carre	DSA/SPART Angers	DCE/CTSN Toulon	"
I1 (CNAV) S. Einaudi	DCN Ingénierie Toulon	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	"
I1 (Pdres) C. Gremillet ép. Dufer	DCE/CAEPE Saint-Médard	DSA/SPMT Paris	"
IP (ATT) G. Hamon	DSA/SPOTI Issy-les-Moul.	STIM/SERTIM Central Paris	"
I2 P. Here	DSA/SPN Paris	DCN Brest	"
IP (CNAV) A. Hourdiaux	DCN Ruelle	SMA/AIA Cuers	"
IC1 (Air) R. Lacaze	DSA/SPAé Paris	DPM/SQ Bordeaux	"
I1 (CAN) Y. Laine	DSA/SPN Toulon	DCN Cherbourg	"
I3 M. Lamour	DCE/CELAR Bruz	DCN Lorient	"
IP (Pdres) B. Lang	DGA/Insp.	DSA/SPMT Paris	"
IC2 (CAER) G. Lemagnen	DCN Siège	DCE/LRBA Vernon	"
IC2 (CNAV) G. Madec	DSA/SPN Paris	DCN Brest	"
IP (CAER) J.-Ph. Marro	DPM/AC	DSA/SPAé Paris	"
I1 (CNAV) P. Motyl	DSP/STTC	DCE/CAEPE Saint-Médard	"
I1 (CNAV) D. Pitrat	DCN Ingénierie Toulon	DRI/AC	"
IC2 (CNAV) L. Rondineau	DRH/GP	DCN Indret	"
IC2 (CAER) V. Salvetti	DRH/Divers	DSA/SPN Paris	"
IP (CAER) M. Valadas	DPM/AC	DSA/SPNuc	"
● Mise à disposition			
IC2 (CAER) E. Jezequel	SMA/AC	MD/Etat-Major des Armées	16.7.2001
● Retour de mise à disposition			
IP (ATT) B. Delannoy	MD/Etat-Major Armée de Terre	DCE/CAP Toulouse	1.8.2001
● Départ en service détaché			
I1 (Pdres) S. Felix	DSA/SPMT Rueil Malmaison	SD/OCCAR	1.5.2001
I1 (CAER) N. Koeke	DCE/CEV Istres	SD/CEA	"

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
IC2 (CNAV) M. Le Roux	DRH/ENSIETA-Brest (Cadres)	SD/CNRS	1.5.2001
IP (ATT) J. Laronneur	DCE/CEPr Saclay	SD/CNES	1.6.2001
IC2 (CNAV) Y. Queguineur	DSA/SPART Coblence	SD/OTAN	1.6.2001
I1 (ATT) L. Colson	DGA/SDI	SD/OCCAR	1.7.2001
I1 (ATT) Fr.-X. Dufer	DCE/CEL Biscarrosse	"	"
IP (ATT) Th. Meyer	DPM/SQ/EC	SD/OCCAR	1.8.2001
● Réintégration après service détaché			
I2 (Hydro) G. Goujon	SD/NAVFCO	SHOM/Miss. Océano. Atl.	1.5.2001
● Départ hors budget			
IP (CAER) J.-P. Ardid	DRI/AC	HB/Minis.Equipement Secretariat a la Mer	1.7.2001
I1 (ATT) O. Busolini	DCI/SAA Londres	HB/SGDN	"
● Retour de la position hors budget			
IC1 (CAN) R. Rioual	HB /Min. des Affaires Etrangères	DRH/Divers	22.7.2001
● Congé exceptionnel de plus de 6 mois			
I1 (CAER) L. Bittoun	DRI/AC	CSS+6 mois	1.5.2001
I1 (CAER) C. Drouin	DSA/SPAé Paris	"	"
I1 (CNAV) J.-P. Maure	DCN Toulon	"	"
I1 (CAER) L. Palcy	DCE/CEV Istres	"	1.6.2001
I1 (CNAV) H. Gérard	DCN Brest	CSS+6 mois	1.8.2001
● Réintégration après un congé exceptionnel de plus de 6 mois			
I1 (CNAV) L. Begaud	CSS+6 mois	DCE/LRBA Vernon	1.7.2001
I2 (CAN) A. Nen	"	DCN Siège	"
● Congé parental			
I1 (ATT) N. Imbert ép. Gatt	DCN Systèmes de Combat Centre Sud Toulon	CP	17.5.2001
I1 (ATT) Y. Coutard ép. Antonini	DCE/CEV Cazaux	CP	16.7.2001
● Départ en congé spécial			
IC1 (CAN) R. Devige	DCN Siège	CSP	1.6.2001
● Radiation			
I1 (CNAV) J.-Cl. Gouelo	DCN Brest	Radiation	1.7.2001

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
● Retraite			
IC2 (CAN) A. Pelle	SD/Min. Equip., Logt., Transp. et Mer	Retraite	1.5.2001
IC1 (CAN) E. Penverne	DSP/AC	"	3.5.2001
IC1 (CAN) P. Gueguen	MD/DPSD	"	1.6.2001
IC2 (CNAV) Fr. Sumien	DCN/AC	"	1.6.2001
IP (CNAV) O. Lejeaille	DCN/AC	"	5.6.2001
IC2 (CAER) A. Arnaud	DRH Divers	"	30.6.2001
IP (ATT) H. Calonne	HC/GIAT Industries	"	1.7.2001
IP (TRP) A. Mengelle	HC/SNPE	"	1.7.2001
IC1 (CAN) J. Lesage	DGO/AC	"	2.7.2001
IP (CNAV) M. Beaumont ép. Boisot	CSS+6 mois	"	13.7.2001
IC2 (CAER) J. Bernard	CSS+6 mois	"	11.8.2001
IC1 (CAN) R. Dolo	DCN Indret	"	4.8.2001
IC2 (CNAV) J. Pellen	DCN Brest	"	1.8.2001
IC1 (CAN) G. Verrechia	DCN/AC	"	6.8.2001
● Démission			
I1 (CNAV) C. Bihel	CSS+6 mois	Démission	1.5.2001
● Situation non répertoriée			
IC2 (CAN) G. Le Bescond	DCE/CEL Biscarrosse	CR	2.5.2001
IC1 (Air) M. Robert	DCE/CEAT Toulouse	"	1.5.2001
IC2 (CNAV) G. Briard	MD/Préfet Région Ile-de-France	"	9.7.2001
IC2 (ATT) Y. Mounier	DPM/SQ/DOU Nantes	"	1.7.2001
● Recrutement sur titres			
I3 Fr. Ferriz	TIT /0	SMA/AIA Cuers	1.6.2001
● Décès			
I1 (CNAV) Karim Meksi	DCN Indret	Décédé	9.6.2001
OFFICIERS DU CORPS TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF DE L'ARMEMENT			
● Mutation interne			
OP R. Bazan	DCN Papeete	DCN Siège	14.7.2001
OP Ph. Charpentier	DCN/AC	DCN Papeete	1.7.2001
O2 H. Horiot	DCE/CEPr Saclay	DCE/AC	"
O1 Ph. Bartier	DCN/Systèmes de combat Centre Sud Toulon	DCN Siège DA	1.8.2001
O1 L. Coudouy	DCN Indret	"	"

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
O1	E. Kerambrun	DCN Lorient	DCN Siège DA	1.8.2001
OP	D. Miziolek	DCN Brest	DCN Siège DI (CCG)	"
OP	A. Quere ép. Ehre	DCN Toulon	DCN Siège DFG	"
O1	N. Viallon	DCN Brest	DCN Siège DFG	"
● Mutation interdirections				
OC2	M. Hoarau	DGA/SDI	DRH/AC	1.5.2001
O1	L. Barcelo	DPM/AC	SMA/AIA Clermont-Ferrand	1.6.2001
OP	S. de Mallevoue ép. Weil	DCI/AC	DCE/ETBS Bourges	1.7.2001
O1	St. Moenner	DCN/AC	DPM/AC	"
O1	Th. Montero	DCE/CAEPE St-Médard	DRH/AC	"
OP	M. Renaut	DGA/SDI	DCI/AC	"
O1	H. Hawecker	DGO/AC	CHEA/CHEAR/Cedocar	1.8.2001
O1	N. Jacob	DCN Cherbourg	"	"
● Mise à disposition				
O2	S. Blothiaux	DGO/ECS Paris	MD/SGA	1.6.2001
OC2	D. Choque ép. Berne	DGO/AC	MD/Ministre de la Défense	1.8.2001
● Retour de mise à disposition				
OC1 (Armt)	D. Noyon	MD/Ministre de la Défense	DRH/Centre d'Enseignement / Formation Arcueil	1.5.2001
OP	Ch. Weil	MD/DFP	DRH/AC	1.7.2001
● Réintégration après un congé exceptionnel de plus de 6 mois				
O1	C. Ducasse ép. Busolini	CSS+6 mois	DGA/CAB	1.8.2001
● Retraite				
OC1 (Armt)	M. Bos	SMA/AC	Retraite	6.7.2001
OC1 (Armt)	G. Daubigeon	DRH/AC	"	3.8.2001
● Radiation				
OP	L. Gil	DGO/AC	Radiation	1.7.2001

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
PERSONNELS CIVILS				
PERSONNELS CONTRACTUELS				
● Recrutement				
A. Borgnon	ICT IIIA	Recrutement	DCN/ING/CN Cherbourg	1.1.2001
P. Labedan	84-16	"	DRH/ENSAé	"
Mathieu J.-L.	ICT IIIB	"	DGO/OSI	"
Pacaud-Kauffman	84/16	"	DCN Paris	"
Fr. Treillet	ICT IIIA	"	DSA/SPOTI	"
Fr. Achache	ICT I	"	DCN Toulon	2.1.2001
Ph. Leclerc	ICT IIIB	"	DSA/SPAé	"
J.-L. Marchand	ICT II	"	DPM-SSF Toulon	"
Fr. Pouliquen	ICT II	"	DPM/SQ-DSA/SPN	"
C. Rubini	ICT II	"	DCN Toulon	"
C. Ansieau	ICT II	"	DGO/SDCG	3.1.2001
V. Annani	ICT I	"	DGA/COMM	5.1.2001
A. Gueltas	ICT IIIA	"	DCN Cherbourg	8.1.2001
H. Legavre	ICT IIIA	"	DCN/ING/CN Cherbourg	"
F.-M. Lorin	ICT IIIB	"	DCN/ING/CN Lorient	"
Ph. Metral	ICT I	"	DCN Toulon	"
C. Petitjean	ICT IIIA	"	DSA/SPOTI	"
M.-A. Tisserant	ICT II	"	DPM/SDA	"
C. Gervaise	84-16	"	DRH/ENSIETA	15.1.2001
St. Guillore	ICT I	"	DSA/SPNuc	"
M.-C. Quevarec	ICT	"	DCN Brest	"
Fr. Garnier	ICT IIIA	"	DCN Toulon	22.1.2001
Hardouin-Duparc	Thi ICT II	"	DGO/OSI	"
J.-M. Laffite	ICT	"	DCN Toulon	"
J.-H. Lefort	ICT IIIA	"	DGO/OSI	"
J. Chappellet	ICT IIIB SUP	"	DPM/SDMCO - SSF Paris	1.2.2001
J. Gressier	84-16	"	DRH/ENSAé	"
R. Lefort	3C 84-16	"	DCI	"
St. Palmer	3C 84-16	"	CHEAR/D	"
Th. Volparo	ICT II	"	DCN Toulon	"
E. Cavallari	ICT II	"	DPM/SQ	19.2.2001
P. Imbert	ICT I	"	DPM/SDPM	"
St. Kerampran	84-16	"	DRH/ENSIETA	"
A. Sidarous	ICT I	"	DPM-DSA/SPN	"
G. Lavergne	84-16	"	DRH/ENSAé	1.3.2001
F. Brun	ICT IIIA	"	DGO/OSI	"
C. Mescart	ICT IIIA	"	DGA/Inspection	"
D. Thevenet	84-16	"	DRH/ENSIETA	"
R. Watremez	ICT II	"	DGO/CG	"
X. Blanchard	ICT IIIA	"	DPM/SDA - DSA/SPAé	5.3.2001
A. Dechamps	ICT I	"	DPM/SDA-DSA/SPOTI	"
D. Dubois	ICT IIIA	"	DCN/SC/SUD Toulon	"
Fr. Wondji	ICT I	"	DPM/SDA-DSA/SPOTI	"

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
V. Fleuriot	ICT I	Recrutement	DCE/LRBA	12.3.2001
G. Chatry	ICT II	"	DCN	15.3.2001
Tesiorowski	84-16	"	HDSE/DRM	"
P. Pons	84-16/1C	"	DRH/ENSAé	"
R. Bruneau	ICT IIIC	"	HDSE/MDIP	11.3.2001
D. Jacquinet	ICT IIIC	"	DCN/ING/CN Lorient	19.3.2001
A. Porteboeuf	ICT II	"	DCN/ING/CN Lorient	"
N. Touraine	ICT II	"	DCN Cherbourg	"
L. Villeneuve	ICT II	"	DCN Toulon	"
H. Vignal	ICT IIIA	"	DCN Toulon	"
L. Fromenty	ICTII	"	DCN	26.3.2001
M. Briec	84-16/3C	"	DRH/ENSIETA	1.4.2001
L. Beylat	ICTIIIA	"	DSP/STTC-DSA/SPNuc	"
Cl. Bertin	D49-3C	"	DPM-DSA/SPNuc	"
St. Jamme	84-16	"	DRH/ENSICA	"
L. Ardouin	ICT I	"	DCN Toulon	2.4.2001
St. Raynal	ICT II	"	DCE/CEB	9.4.2001
C. Espinosa	84-16	"	DRH/ENSICA	16.4.2001
T. Perennou	84-16	"	DRH/ENSICA	16.4.2001
E. Buzaud	ICT IIIA	"	DCE/CEG	17.4.2001
J.-P. Rebours	ICT II	"	DCN/SC/Sud Toulon	19.4.2001
St. Tortel	ICT II	"	DSP/CAD	1.5.2001
D. Larroque	ICT IIIA	"	DCN Ruelle	1.5.2001
D. Herry	ICT IIIA	"	DCN Toulon	2.5.2001
A. Avundo	ICT II	"	DSA/SPAé	8.5.201
E. Girard	ICT IIIA	"	DCN Brest	17.5.2001
P. Charroy	ICT IIIA	"	DCN/SC/Sud Toulon	1.6.2001
O. Gosselin	ICT IIIC	"	DSP/STTC	"
A. Coatanhay	84-16	"	DRH/ENSIETA	"
F. Lesaine	ICT IIIA	"	DCN/SC/Sud Toulon	5.6.2001
I. M. De Angelis	ICT I	"	DSP/CAD	15.6.2001
J.-Cl. Saurat	ICT IIIB	"	DSP/STTC	"
A. Lopes Da Silva	ICT II	"	DPM/SQ	"
Fr. Vincent	84-16	"	DRH/ENSICA	1.7.2001
P. Brun	ICT II	"	DCN	"
A. Masson	ICT I	"	DPM-DSA/SPNuc	2.7.2001
K. Beaudron	ICT IIIA	"	DPM/SDA	"
N. Lacube	ICT IIIB	"	DCN	9.7.2001
X. Auzoux	ICT IIIB	"	DCN	"
R. Mathurin	ICT IIIA	"	DSA/SPMT	3.9.2001
J. Bories	ICT I	"	DCN/Toulon	22.1.2001

● Mutation

P. Cadet	2C-D49	DGO-CEHD	DGO-UEO	1.1.2001
A. Mesnil	3C-D49	DPM/SDA - DSA/SPART An	DCE/ETAS	"
A.M. Serveau	3C-D49	DSA/SPAé	DSP/SREA	"
Fr. Duplan	HC15-D49	DSA/SPART Paris	DSP/SREA	"
C. Thuia	3C-D49	DPM/SDA - DSA/SPART An	DCE/CELAR Bruz	"

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
P. Simoes	3C-84/16	DRI	DFP	1.1.2001
A. Richerd	3C-84/16	DGO/AC	DRH/PE/PCt	"
M. Houede	ICT IIIB	DCN Lorient	DCN Siège - Mis pour emploi Lorient	"
P. Vincent	ICT	DCN Toulon	DCN Siège - Mis pour emploi Toulon	"
B. Rafine	ICT IIIB	DCN/SC St-Tropez	DCN Siège - DCN/SC Toulon	"
J.-F. Jacquet	ICT IIIB	DSA/SPART Bourges	DCE/ETBS	"
L. Pihen	ICT IIIA	DCN Siège	DSA/SPAé	"
J.-F. Charbonnier	ICT IIIB	DPM/AC-DSA/SPAé	DSA/SPAé	"
A. Delloye	ICT II	DPM/SQ-DSA/SPN	DPM/SQ-DSA/SPNuc	"
J.-P. Foing	ICT II	DSP/STTC-DSA/SPOTI	DSP/STTC-DSA/SPART Paris	"
B. Frédéric	ICT IIIB	DCN Siège	DCN Brest	"
J.-C. Eon	ICT IIIB	DPM/SQ-DSA/SPNuc	DPM/SQ-DSA/SPN	2.1.2001
D. Delas	ICT IIIB SUP	DPM/MCO	SSF Paris	"
M.-J. Taupin	3C-84/16	DSA/SPNuc	DGA/Inspection	15.1.2001
H. Greuet	ICT IIIA	DCE/CEV Brétigny	DCE/CEV Istres	19.1.2001
J. Drap	3C-D49	DCE/CEV Brétigny	DPM/SDP - SIMMAD	26.2.2001
M. Belou	3C-D49	DCE/CEB	DPM/SDA - DSA/SPAé	1.2.2001
Th. Prigent	HC 13-D49	DRH/FOR	DRH/GP	"
E. Dobua	ICT IIIA	DCE/CEV Brétigny	DPM/SQ - SIMMAD	14.2.2001
P. Stievenard	ICT IIIA	DCE/BEC Paris	DSP/SREA	1.2.2001
M. Renier	ICT II	DCE/CTSN	DCE/LRBA	"
H. Nouvellement	ICT IIIA	DCE/SDT	DPM/SDA - DSA/SPART	"
Gendraud	ICT II	DCI/SDAI	DGO/SD/CG	"
C. Audoly	ICT IIIA	DCN/ING Paris	DCN/ING/CN Lorient	1.3.2001
J.-P. Peltan	ICT IIIB SUP	DSA/SPAé	DRH/GP - SIMMAD	"
M. Daveine	ICT IIIA	DCE/CEV Brétigny	DSP/SREA	"
J. Carriere	ICT IIIA	CHEAR/CEDOCAR	DGO/SDQIO	"
A. Buisson	ICT IIIA	DCE/CEB Arcueil	DCE/CEPr	"
V. Franchineau	ICT II	DPM/SDAG	DGO/ECS Arcueil	"
S. Le Chevalier	2C-D49	DPM/SDA-DSA/SPN	DRH/GP	"
A. C. Levasseur	2C-D49	DPM/SDA	HDSE/CGA	"
S. Sarrazin	ICT II	DPM/SPD-DSA/SPAé	DGA/COMM	"
P. Levy	ICT IIIC	DPM/SDP	DCE/ECT 3 St-Cloud	"
Cobeno	84-16	DPM/SDP-DSA/SPNuc	DPM/SDA-DSA/SPNuc	15.3.2001
N. Nahon	ICT IIIA	DGA/Inspection	DGO/AC	1.3.2001
B. Magueur	ICT II	DCN/ING/CN Lorient	DCN Lorient	"
Deville Thien An	ICT II	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
Fr. Fabre	ICT IIIB	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
A. Merlande	ICT II	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
E. Parelou	ICT IIIA	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
D. Poisson	ICT IIIA	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
E. Poquillon	ICT II	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
H. Poulin	ICT IIIA	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
Ph. Tanguy	ICT II	DCE/CEV Toulouse	DCE/CAP	"
A. Fabre	ICT II	DCE/ETBS	DPM/SQ Toulon	1.4.2001
J.-F. Dumas	ICT IIIA	DSA/STTC	DSA/SPOTI	"
A. Corlier	ICT IIIB	DSA/SART Bourges	DSA/SPART St-Cloud	"
M. Legris	ICT II	DCE/GESMA	DRH/ENSIETA	"
D. Deshayes	ICT IIIA	DSA/SPAé	DCE/CEV Istres	15.4.2001
R. Dionisi	ICT II	DPM/AC/SDP-DSA/SPAé	DSA/SPAé	2.4.2001

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
A. Gousseff	ICT IIIA	DCE/CEV Brétigny	DCE/CEB	18.5.2001
E. Le Saux	ICT IIIA	CHEAR/CEDOCAR	DGO/SPESI-A	1.5.2001
J.-P. Philix	ICT II	SMA/AIA Bordeaux	DPM/SQ Toulouse	"
H. Orsini	ICT II	DCE/CTA	DSP/STTC-DSA/SPART Paris	"
P. Cardot	ICT IIIB	HDSE-Del. Interm.Restr. Déf	HDSE-Centre Et. Europ. Défense	"
D. Lebrun	ICT IIIA	DSA/SPAé	DPM/SDA-DSA/SPAé	"
C. Gouriellec	3C/D49	CHEAR	DGA/CAB	"
H. Souville	ICT IIIA	DPM/SQ-DSA/SPART	DPM/SQ-DSA/SPN	Juin 2001
Th. Jaillet	ICT II	DCN/ING/CN Cherbourg	DCN Cherbourg	"
A. Croizier	ICT IIIC	DCE/AC	DPM/SQ	1.7.2001
Y. Jacob	ICT IIIB	DCN/ING/CN Lorient	DCN Lorient	"
C. Soreau	ICT II	DCN Lorient	DCN Toulon	"
H. Quemeneur	ICT IIIA	DCE/SDCAC	DCE/CEM Toulon	"
C. Lanusse	ICT II	DRI/AC	DCI/AC	"
P. Morin	ICT IIIB	DSA/SPOTI	DPM/BINORM	"
Ph. Bouteilloux	ICT IIIA	DCE/CEB Arcueil	DCE/CEB Vert-le-Petit	"
J. Celle	ICT II	CHEAR/CEDOCAR	DSA/SPAé	15.7.2001
Cl. Breuille	ICT II	DCE/CEG	DSA/SPAé	1.8.2001
Ph. Renard	ICT IIIA	DCE/CEV Brétigny	DCE/CEV Istres	"
Fr. Laurent	ICT IIIA	DCN/ING/CN Cherbourg	DCN/ING/CN Lorient	1.9.2001
A. Colin	ICT IIIA	DSP/SASF	DSP/STTC Paris	"
M. Lamic	A1/D49	DRH/TAO	DRH/CF Latresne	"
J.-M. Pradie	ICT IIIA	DCN/SC Toulon	DCE/CEV Istres	"
P. Fessler	ICT IIIA	DSA/SPNuc	DCI/AC	"
L. Chesse	ICT II	DSP/STTC-DSA/SPN	CHEAr/CEDOCAR Angoulême	"
J. Esnault	ICT II	DPM/SQ Paris	DCI/AC	"
J. Dhermain	ICT IIIB	DCE/CEB Arcueil	DCE/CEB Vert-le-Petit	13.9.2001
N. Muller	ICT II	HDSE/Polytechnique	DCN Toulon	1.9.2001
M. Gaffie	ICT IIIA	DCE/AC	DCN Siège	"
J. Diougoant	ICT IIIA	DCE/CEL-Monge Brest	DCE/CEL Biscarrosse	"
S. Gransart	ICT II	DCE/CEB	DSP/STTC-DSA/SPAé	"
B. Guidoux	ICT IIIA	DRM/SDT	DPM/SQ Valbonne	"
R. Baret	ICT IIIB	DCE/CTA Arcueil	DGO/ECS Arcueil	"
J.-L. Rouger	ICT IIIA	DSA/SPART	DCE/CTSN	"
E. Gozzi	HC15/D49	DSP/SREA	DPM/SQ Paris	1.10.2001
G. Tricoche	ICT II	DPM/SDA-DSA/SPAé	DPM/SDA-DSA/SPNuc	"
Ch. Cottenot	ICT IIIA	DCE/CTA Arcueil	DPM/SDA	1.11.2001
R. Lesur	ICT IIIB SUP	DCE/CAD	DSP/STTC-DSA/SPNuc	"
D. Tabard	ICT IIIB	DCE/CEV Brétigny	DCE/CEV Istres	17.11.2001
R. Rochefort	ICT II	DCE/CTSN	DCN/SC/Sud Toulon	Décembre 2001
● Titularisation				
M. Treich	2C/D49	Titularisation	DSP/BAG	1.1.2001
D. Bastien	2C/D49	Titularisation Char Etudes	CHEAR	"
C. Boucher	2C/D49	Titularisation ASA	DCE/LRBA	"
Cl. Chardigny	1C/D49	Titularisation AAC	DPM	4.2.2001
M. Boutin	3C/D49	Titularisation AAC	DSA/SPAé	15.7.2001
M.-Cl. Girardot	ICT IIIB	Titularisation Attaché	ENSTA	1.2.2001

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
● Passage dans un établissement public à caractère administratif				
Ph. Fessier	3C/84-16	Passe EPA	DRH/ENSTA	1.1.2001
A. Chaigne	HC/84-16	Passe EPA	DRH/ENSTA	"
A. Auzou-Connes	A1/84-16	Passe EPA	DRH/ENSTA	"
Th. Pichon	3C/84-16	Passe EPA	DRH/ENSTA	"
● Congé de fin d'activité				
B. Baque	A2/D49	CFA	DCE/CEPr	1.1.2001
A. Paillier	ICT IIIB	CFA	DCE/CEAT	1.10.2001
● Fin de contrat				
A. Crémieux	Vacataire	Fin de contrat	CHEAR/D	28.5.2001
● Reclassement ICT				
A. Gueltas	1C/D49	Reclassement ICT	DCN Cherbourg	3.1.2001
● Fin de cessation progressive d'activité				
J. Arnoux	2C/D49	Fin de CPA	DCN/SC St-Tropez	31.3.2001
G. Philibert	ICT IIIBSUP	Fin de CPA	DCN/SC/Sud Toulon	31.5.2001
G. Raymond	ICT IIIBSUP	Fin de CPA	DCE/LRBA	30.9.2001
● Fin de détachement				
J. Audibert	GAGE ICT	Fin de détachement	HDSE/Cab. Ministre	31.7.2001
● Départ à la DFP				
P. Simoes	3C/84-16	Départ à la DFP	DRI	1.1.2001
● Non renouvelé après stage				
J.-F. Wolff	ICT IIIC	Non renouvelé après stage 3 mois	DCN Siège	31.1.2001
● Démission				
L. Blivet	ICT II	Démission après CSS	DCN Lorient	1.1.2001
E. Gaubert	ICT II	Démission	DSP-DSA/SPAé	"
D. Pean	ICT II	"	DCN Brest	"
G. Sirvain	ICT I	"	DSA/SPAé	8.1.2001
E. Hostequin	ICT II	"	DCN/ING/CN Lorient	17.1.2001
J.-C. Le Minh	ICT II	Démission après CSS	HDSE/Cab. Ministre	1.2.2001
Ph. Clavel	ICT II	Démission	DPM-DSA/SPAé	10.2.2001
M. Picquart	3C/84-16	"	DRI	15.2.2001

Grades et noms		Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
J.-Y. Perou	ICT IIIA	Démission	DCN/ING/CN Brest	23.2.2001
St. Hebert	ICT II	"	DCE/CTSN	28.2.2001
B. Ladsous	ICT IIIB	"	CHEAR	1.3.2001
R. Doktor	ICT II	"	DCN/SC/Sud Toulon	1.3.2001
St. Franchini	ICT II	Démissionnaire	DPM-DSA/SPMT	10.3.2001
M. Sobeaut	ICT IIA	Démission	DCN Siège	31.3.2001
M.-J. Deloche	D49-3C	"	DSA/SPN	1.4.2001
Y. Pelliard	ICT II	"	DSP/STTC	1.4.2001
P. Pyra	ICT II	"	DCN/SC/Sud Toulon	"
P. Etiemble	ICT II	"	DCN/SC/Sud Toulon	"
A. Meneguzzo	ICT IIIB	"	DRH/SSF Toulon	30.4.2001
P. Giorgi	ICT	"	DPM-DSA/SPOTI	30.4.2001
B. Attanasio	84-16	"	DSP/SASF	4.5.2001
A. Nallatamby	ICT I	"	DGO/SPESI	1.6.2001
St. Pellegrino	ICT II	"	DCE/CEPr	1.6.2001
L. Chaury	ICT II	Démission	DCE/LRBA	1.7.2001
A.-C. Armengaud	ICT II	"	DCN Indret	"
Ph. Homond	ICT II	"	DGO/SPESI	"
A. Tambute	ICT IIIB	"	DCE/CEB	"
D. Lambert	ICT II	"	DRM	"
Ch. Eyraud	ICT IIIA	"	DCI	"
M. Naudon	ICT I	"	DGA/COMM	8.7.2201
St. Kummer	ICT II	"	DCN Siège	14.7.2001
E. Vautard	ICT II	"	DCN Siège	15.7.2001
J.-L. Corbel	ICT II	"	DCN Brest	31.7.2001
S. Guitteny	ICT II	"	DSA/SPN	1.8.2001
Y. Le Pape	ICT IIIBSUP	"	DCE/CELAR Bruz	4.8.2001
M. Fourny	ICT IIIA	"	DGO/ECS	25.8.2001
L. Enel	ICT II	Démission après CSS	DCE/CTSN	1.9.2001
J. Tasma	ICT IIIA	Démission	DPM-DSA/SPN	1.9.2001
H. Bailly	ICT II	"	DCE/CELAR Bruz	3.9.2001
● Retraite				
P. Marino	ICT IIIB	Retraite	DCN Toulon	1.1.2001
R. Aquilina	ICT IIIBSUP	"	DCE/CTSN	"
J.-P. Plazanet	ICT IIIBSUP	"	DCE/AC	"
M. Rizzo	ICT IIIB	"	DCE/CEPr	"
A. Tomasini	ICT IIIC	"	DCE/CEAT	3.1.2001
L. Kerros	3C/D49	"	DRH/ENSTA	6.1.2001
J. Goursaud	A2/D49	"	DGA/CAB/BSDI	7.1.2001
R. Le Roy	ICT IIIB	"	DCN Brest	8.1.2001
P. Vidal	3C/D49	"	DSA/SPN	10.1.2001
J.-Cl. Gourjault	ICT IIIBSUP	"	DCE/AC	14.1.2001
M.-A. Morelle	2C/D49	"	DRH/TAO	1.2.2001
J. Rozmarin	HC/D49	"	DCE/CTA	1.2.2001
G. Trouiller	HC16/D49	"	DCE/CEB	12.2.2001
P. Granger	HC15/D49	"	DCE/LRBA	1.4.2001

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
J.-P. Le Bouteiller ICT IIIB	Retraite	DCE/CEL	1.4.2001
Ch. Bertolino ICT IIIA	"	DCE/CTSN	"
L. Fourcade HC15/D49	"	DCE/CEL	"
M. Campel ICT IIIA	"	DCE/CELAR Bruz	30.4.2001
E. Balian A2/D49	"	DPM-DSA/SPART	1.5.2001
J.-Cl. Marciacq ICT IIIBSUP	"	DCN/Siège	1.5.2001
R. Olipe ICT IIIA	"	DCN Toulon	16.5.2001
H. Bodilis HC/D49	"	DCE/CTSN	1.6.2001
M. Brinon ICT IIIB	"	DCE/CTSN	"
A. Bressaud ICT II	"	DSA/SPN Paris	"
E. Valensi ICT IIIC	"	DCI	2.6.2001
J.-A. Roy ICT IIIBSUP	"	DCE/CTSN	30.6.2001
Fr. Vallot ICT II	"	DCE/CEV Brétigny	1.7.2001
B. Lotte ICT IIIBSUP	"	DGA/INSP	"
A. Desgardin ICT IIIC	"	DCE/LRBA	"
C. Alvarez 3C/D49	"	DGO/ECS	5.7.2001
G. Ignatio ICT II	"	CHEAR/CEDOCAR	13.7.2001
J.-P. Lumet ICT IIIA	"	DCE/CTA	25.7.2001
J.-P. Mazars ICT IIIA	"	SMA/AIA Bordeaux	25.7.2001
J.-Ph. Morange 3C/84-16	"	HDSE/DRM	1.9.2001
D. Monchablon ICT IIIB	"	DPM/DNE	25.9.2001
J. Mignerey ICT IIIA	"	DCE/CAEPE	1.10.2001
Y. Hignard ICT IIIB	"	DCE/CELAR Bruz	3.10.2001
A. Ceres ICT II	"	DCN Toulon	7.10.2001
A. Vallée HC16/D49	"	DSA/SPNuc	12.10.2001

● Décès

Christian Reau ICT IIIA	Décédé	DRH/ENSAé	2.2.2001
-------------------------	--------	-----------	----------

INGENIEURS D'ETUDES ET DE FABRICATIONS

● Mutation

F. Amiel	DSA/SPAé	DCE/CEM Toulon	1.3.2002
J. Ancellet	DPM/SQ	DPM/SQ - Centre de production Paris aéronautique	1.9.2000
G. Ballans	DPM/SQ - Sous-direction des affaires - Centre de gestion des réparations aéronautiques	DPM/SQ - Sous-direction administration et soutien	"
D. Brisard	DSA/SPOTI	DCE/CELAR Bruz	1.12.2001
Cl. Calligaris	DGO/ECS - Moyens généraux Site Balard	DGO/ECS - Moyens généraux - Site Arcueil	9.4.2001
B. Cerisier	DPM/DSA - Mis pour emploi au SPOTI	DSA/SPOTI	1.7.2001
M. Charneau	DPM/SQ - Service de la qualité de la direction du Sud-Ouest - Site de Toulouse	DPM/SQ - Centre de production de Toulouse	1.9.2001

Grades et noms	Position ancienne	Position nouvelle	Date d'effet des mouvements
J.-L. Couchoux	DPM/SQ - Direction régionale de Paris du service de la qualité - Site d'Arcueil	DPM/SQ - Centre de production Paris terre naval - Site d'Arcueil	"
J.-P. Degrave	DGO/ECS - Moyens généraux - Site Victor	DGO/ECS - Moyens généraux - Site Arcueil	30.3.2001
J.-P. Dupré	DPM/DSA - Mis pour emploi au SPAé	DRI - Sous-direction "Amérique-Afrique-Asie" à Paris	1.9.2001
C. Duthoit	DSP/DSA - Mis pour emploi au SPAé	DCE/LRBA Vernon	1.1.2002
S. Dorléac	DPM/SQ - Centre de production de Toulouse - Site de Tarbes	DPM/SQ - Centre de production de Toulouse - Site de Juillan	3.11.2001
R. Frances	DGO/ECS - Moyens généraux Site Victor	DGO/ECS - Moyens généraux - Site Arcueil	30.3.2001
C. Guillot ép. Tertuff		DGO/Sous-direction des systèmes d'information	
A. Jouot	DRH/Sous-direction de gestion du personnel - Mis pour emploi à la DSF de Toulon	DCE/CTSN Toulon	1.9.2001
G. Kervella-Guennoc		DGO/Sous-direction des systèmes d'information	
M. Larraud	DCE/CEPr Saclay	DCE/Administration centrale	1.8.2001
M. Le Maux	DCN Cherbourg	DCN Papeete	28.6.2001
Y. Lesbats	DPM/DSA - Mis pour emploi au SPnuc	DSA/SPnuc	1.7.2001
M. Marty	DPM/SQ - Centre de production de Toulouse - Site de Tarbes	DPM/SQ - Centre de production de Toulouse - Site de Juillan	3.11.2001
C. Nedelec	DCN Brest	DCN Papeete	28.6.2001
J. Pacaille	DPM/SQ - Service de la qualité de la DR de Limoges - Caserne Beaublanc	DPM/SQ - Centre de production de Bourges - Caserne Beaublanc	1.9.2001
E. Petit		DGO/Centre des projets et de l'exploitation des systèmes d'information - Site d'Arcueil	
G. Raher	DPM/SQ - Centre de production de Lille - Unité de production de Strasbourg	DPM/SQ - Sous-direction des affaires - Site de Lyon	1.11.2001
Y. Soun		DGO/Centre des projets et de l'exploitation des systèmes d'information - Site d'Arcueil	
● Retraite			
J. Mandon	DPM	Retraite	7.8.2001

**SI VOUS QUITTEZ LA DGA
(Retraite, Démission...)**

FORMULE DE REABONNEMENT

"ANCIEN de la DGA"

TARIF PREFERENTIEL 128 F/AN

envoyer à : ECPA – Département gestion des productions

2 à 8 route du Fort – 94205 IVRY-sur-SEINE CEDEX

avec votre règlement (chèque libellé à l'ordre du "Régisseur d'avances et de recettes de la DICOD")

NOM et PRENOM :

SITUATION ANCIENNE (Corps, grade, affectation) :
.....
.....

ADRESSE PERSONNELLE :

ANCIENNE ADRESSE :

Cette possibilité s'applique également aux cadres des corps non DGA mutés hors DGA
(par exemple : officiers des armées, administrateurs civils...)

**POUR TOUT CHANGEMENT OU RECTIFICATION
D'ADRESSE A ENVOYER A :
CHEAr / DPAr REVUE L'ARMEMENT
26, BOULEVARD VICTOR - 00457 ARMEES**

**TELEPHONE :
01 45 52 72 22**

NOM* ET PRENOMS

QUALITE

AFFECTATION

ADRESSE PERSONNELLE

.....

--	--	--	--	--	--	--

code postal bureau de poste distributeur

ANCIENNE ADRESSE

***ou raison sociale**

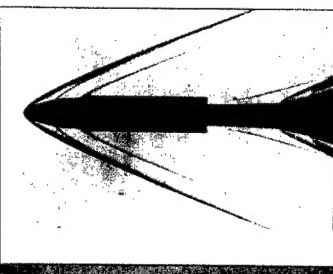


RSTD
REVUE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
DE LA DÉFENSE

La recherche au LRBA

NUMÉRO 39

1998 - 1



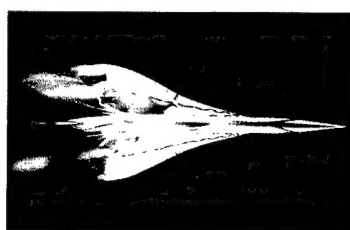
DGA

RSTD
REVUE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
DE LA DÉFENSE

La recherche aéronautique
et
les progrès de l'aviation

NUMÉRO 40

1998 - 2



DGA

RSTD
REVUE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
DE LA DÉFENSE

La recherche
à l'ONERA Toulouse

NUMÉRO 41

1998 - 3

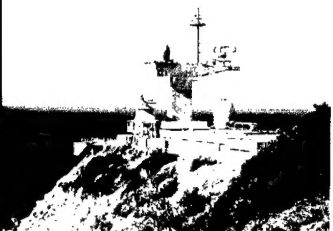


DGA

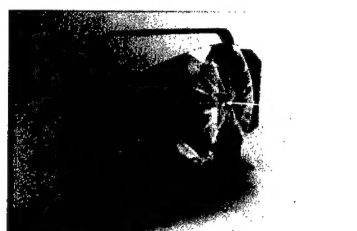


RSTD

Revue Scientifique et Technique de la Défense



DGA



DGA



DGA

RSTD
REVUE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
DE LA DÉFENSE

La robotique mobile

Seconde partie

NUMÉRO 48

2000-2



RSTD
REVUE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
DE LA DÉFENSE

Le SYTC
et les technologies de la

Première partie

NUMÉRO 49

2000-3



RSTD
REVUE
SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE
DE LA DÉFENSE

Le SYTC
et les technologies de la

Seconde partie

NUMÉRO 50

2000-4



RSTD - Publication de l'Armement - CHEAr/DPAR
26 boulevard Victor - 00457 Armées
tel : 01 45 52 72 28 - e-mail : maquette_pubarm@cedocar.fr

Nous avons réuni les qualités
de deux espèces rares :

la puissance du 1^{er} systémier européen
et les qualités de mobilité du groupe européen
N° 1 de véhicules industriels.



se réunissent pour constituer la première alliance véritablement duale
dans l'armement terrestre.

Capable d'imaginer et de produire des véhicules blindés légers et moyens,
SATORY MV répond aux demandes de ses clients avec réactivité, souplesse et performance.

A l'occasion du contrat signé sur le VBCI, Renault V.I. Défense et Giat Industries
démontrent leur savoir-faire et la convergence de leurs deux visions stratégiques :
innover avec intelligence et susciter les coopérations internationales.

SATORY  MV
SATORY MILITARY VEHICLES

12, route de la Minière • 78036 Versailles cedex • France • Tél. : + 33 1 39 49 29 00 • Fax : + 33 1 39 49 29 99 • www.satorymv.cc